

## **INDICE**

### **Quadro generale di riferimento**

Premessa

1.1- Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

1.2 -Strumenti di pianificazione vigenti

1.2.1 -Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico

1.2.2 -Piano cave

1.3 -Contenuti specifici del Piano e relativo stralcio, le norme e le azioni a cui devono tendere interventi previsti, costi e modalità di finanziamento

1.4 -Descrizione dell'ambiente antropico

1.5 -Attuale livello di conoscenza del territorio

### **Caratteristiche del bacino**

2.1 -Geografia

2.2 - Geologia

2.2.1- Inquadramento geologico

2.2.2 -Carta geolitologica

2.2.3 - Tettonica

2.3 - Geomorfologia

2.3.1 - Considerazioni sullo stato delle roccia

2.3.2 -Le coperture detritiche

2.3.3 - Movimenti franosi

2.3.3.a-Inventario dei centri abitati e delle principali infrastrutture esposti a rischio di processi gravitativi o a fenomeni di erosione fluviale

2.3.4 -Forme antropiche

2.3.5 -Processi morfogenetici

2.3.6 -Acclività

2.3.7 -Orientamento dei versanti

2.4-Idrogeologia

2.5-Copertura ed uso del suolo

2.6-Carta della vegetazione reale

2.7- Assetto idrologico

2.7.1 -Meteorologia e clima

2.7.2 -Precipitazioni

2.7.3 -Temperatura

2.7.4 -Venti

2.7.5 -Umidità relativa dell'aria

2.7.6 -Gerarchizzazione dei corsi d'acqua- l'ordinamento secondo Strahler

2.7.7 -Valutazione del trasporto solido

2.7.7.1 -Il trasporto al fondo

2.7.7.2 -Trasporto solido: Torrente Prino

2.7.7.3 - Trasporto solido: Torrente Caramagna

2.8 -Individuazione delle aree storicamente inondate

2.9 -Aggiornamento dei dati climatici e metereologici

2.10 -Descrizione generale della metodologia di calcolo della portata di piena

2.11 -Caratteristiche principali del bacino dei torrenti Prino, Caramagna, Inferno, Baitè

2.11.1 -Caratteristiche principali del Bacino del Torrente Prino

2.11.2 -Caratteristiche principali del Bacino del Torrente Caramagna

- 2.11.3 - Caratteristiche principali del Bacino del Torrente Inferno
- 2.11.4 - Caratteristiche principali del Bacino del Torrente Baitè
- 2.12 -Definizione delle stazioni pluviometriche di interesse
  - 2.12.1 -Stazioni pluviometriche di interesse del Bacino del Torrente Prino
  - 2.12.2 -Stazioni pluviometriche di interesse del Bacino del Torrente Caramagna
  - 2.12.3 - Stazioni pluviometriche di interesse del Bacino del Torrente Inferno
  - 2.12.4 - Stazioni pluviometriche di interesse del Bacino del Torrente Baitè
- 2.13 -Determinazione delle curve di probabilità climatica
- 2.14 -Stima del tempo di corrivazione
- 2.15 -Determinazione degli ietogrammi di progetto
- 2.16 –L'idrogramma unitario
  - 2.16.1 -L'idrogramma di piena
- 2.17 -Portate di piena torrente Prino
- 2.18 - Portate di piena Torrente Caramagna
- 2.19 -Portate di piena Torrente Inferno
- 2.20 -Portate di piena Torrente Baitè
- 2.21 -Portate di piano
- 2.22 -Relazione idraulica
  - 2.22.1 -Verifica idraulica preliminare -moto uniforme
  - 2.22.2 -Tratti con moto permanente
- 2.23 -Fenomeni di instabilità nei versanti e nella rete idrografica
- 2.24 - Catasto delle opere idrauliche
- 2.25 -Censimento dell'attività estrattiva

### **Problematiche e Criticità del bacino**

- 3.1 -Problematiche idrauliche
- 3.2 -Carta della pericolosità o suscettività al dissesto dei versanti
- 3.3 -La sintesi delle interazioni e delle condizioni di criticità esistente e potenziale
  - 3.3.1 Principali criticità di carattere geomorfologico nel bacino in esame
- 3.4 – Siti di importanza comunitaria (SIC) – Zone di protezione speciale (ZPS)

### **Rischio idrogeologico**

#### Premessa

- 4.1 -Gli elementi a rischio
- 4.2 -La carta del rischio
- 4.3 -Verifica dello stato di manutenzione delle sistemazioni idrauliche, idraulico forestale ed idraulico agrarie e mappatura delle situazioni di degrado in atto.
- 4.4 -I fattori artificiali di degrado ambientale ed antropici
- 4.5 -Possibili disfunzioni di sistemi di monitoraggio e di sorveglianza ambientale

## **CAPITOLO 1 - Quadro generale di riferimento**

### **PREMESSA**

Il presente piano è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art.1, comma1, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n 267 e costituisce parte del piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, nonché del piano di bacino completo, di cui alla legge 18 maggio 1989, n.183 e sue modificazioni ed integrazioni.

Esso è di conseguenza un primo stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L. 180/98 e dal relativo "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98", pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

Il percorso di formazione e adozione del presente piano è quello attualmente previsto in generale per i piani di bacino dalla normativa vigente, con particolare riferimento alla legge regionale 21 giugno 1999, n.18.

### **1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento**

Il quadro di riferimento generale per la formazione del piano di bacino è rappresentato dalle norme contenute nella legge quadro 18 maggio 1989, n. 183.

Rilevanza particolare ha inoltre la legge 4 dicembre 1993, n°493, che all'art.12 integra l'art 17 della L.183/89 con il comma 6 ter che introduce la possibilità di redigere ed approvare i piani di bacino anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali

A livello regionale fra le leggi e le deliberazioni in materia di organizzazione della difesa del suolo, si ritiene opportuno citare la Deliberazione del Consiglio Regionale n° 94 del 21.11.1990, la Legge Regionale 28 gennaio 1993 n°9, la Legge Regionale 1994 n° 45 e la Legge Regionale 16 aprile 1984 n° 22.

Nella deliberazione citata, "Delimitazione definitiva degli ambiti relativi ai bacini di rilievo regionale", è riportata in allegato la descrizione dei diversi ambiti di bacino della Liguria. La delimitazione dell'ambito consiste, talvolta, nell'accorpamento di diversi bacini, limitrofi per posizioni ed analoghi per caratteristiche, e talvolta coincide con i limiti dello spartiacque di un preciso bacino imbrifero.

La Legge Regionale 28 gennaio 1993 n° 9, "Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della Legge 18 maggio 1989 n° 183" stabilisce le attività di programmazione e pianificazione, le attività competenti alla Regione, alle province, alle città metropolitane e alle comunità montane. Al Titolo II, "Autorità di bacino", sono definite le autorità di bacino di rilievo regionale, il comitato istituzionale, il comitato tecnico regionale, il comitato tecnico provinciale e della città metropolitana, le conferenze provinciali e della città metropolitana di Genova, l'Autorità di bacino del fiume Magra, l'Autorità di bacino del fiume Po' ed infine i compensi ai componenti dei diversi comitati tecnici. I contenuti del piano di bacino sono illustrati al Titolo III "Piani di bacino e programmi triennali".

Tra le "Norme transitorie e finali", Titolo IV, si sottolinea l'importanza dell'art. 26 nel quale al 1° comma si stabilisce che, sino all'approvazione dei piani di bacino, non sono autorizzabili nei corsi d'acqua

pubblici tutti quegli interventi che, per la loro rilevanza o impatto ambientale, impediscano il naturale evolversi e l'equilibrio dei corsi d'acqua da un punto di vista idraulico, idrogeologico e idrogeomorfologico. In particolare con il 2° comma sono vietati interventi come coperture e tombinature dei corsi d'acqua pubblici, nuove edificazioni ad una distanza inferiore ai venti metri (all'interno dei centri urbani) o a metri quaranta (all'esterno) a partire dai limiti demaniali del corso d'acqua.

La Legge Regionale 16 agosto 1994 n° 45, si propone la disciplina degli interventi orientati alla difesa dalle calamità naturali ed alla salvaguardia dell'ambiente. Particolare attenzione è rivolta alle attività che, nel contesto della difesa del suolo, mirano ad una maggiore sicurezza urbana, ossia: a) azioni informative e previsionali, consistenti nella predisposizione di una rete di monitoraggio degli eventi meteorologici, nella stesura di mappe delle aree inondate, nell'informazione da parte dei comuni agli abitanti delle stesse aree, nell'adozione di sistemi informativi, quali ad esempio adeguata segnaletica in zone a rischio; b) la manutenzione di ecosistemi fluviali, consistenti nella azioni atte a ricondurre a situazioni di corretto governo il deflusso delle acque della rete idrografica; c) interventi strutturali, consistenti in opere volte alla riduzione delle condizioni di rischio idrogeologico.

In materia di rischio idrogeologico è stato emanato il decreto legge 11 giugno 1998, n° 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", sull'onda di quanto avvenuto nella provincia di Salerno il 5 e 6 maggio 1998. Nell'art. 1, comma 1, è ribadita l'importanza di effettuare la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e la necessità di raccogliere tutti dati disponibili sul territorio da parte delle regioni e delle provincie. A tal fine, con il comma 3, il decreto prevede che, entro 15 giorni dall'entrata in vigore dello stesso, tutti gli enti in possesso di documentazione li comunichino alle regioni e alle provincie competenti. Nel comma successivo si stabilisce che gli organi di protezione civile dispongano, per le aree a rischio idrogeologico, piani urgenti di emergenza contenenti le misure per la salvaguardia dell'incolumità delle popolazioni, compreso il preallertamento, l'allarme e la messa in salvo preventiva. Il comma 5 affida alle regioni il compito di individuare "le infrastrutture e i manufatti di ogni tipo che determinano rischi idrogeologico, per i quali i soggetti proprietari possono accedere alle misure di incentivazione allo scopo di adeguare le infrastrutture e di rilocalizzare fuori dell'area a rischio le attività produttive e le abitazioni private". Decade il diritto a risarcimento di eventuali danni a seguito di calamità naturali, per quei soggetti che, pur avendone diritto, non abbiano usufruito delle incentivazioni proposte. Altro punto importante è riportato al comma 7, in cui si ribadisce che le regioni devono adottare un programma per il potenziamento della rete di monitoraggio meteo-idro-pluviometrica. Il decreto citato è in realtà una precisazione, nonché specificazione, di quanto già presente nella Legge n° 183.

E' evidente l'impegno da parte del legislatore in materia di difesa del suolo, in particolare emerge chiaramente la presa di coscienza delle responsabilità dell'uomo nei disastri naturali. Infatti nell'ultima legge citata è specificata la necessità di perimetrare le aree soggette a rischio idrogeologico e la conseguente messa in atto di provvedimenti tali da diminuire il rischio del verificarsi di danni a persone o cose. L'incentivazione per lo spostamento delle attività produttive e dei manufatti ubicati in aree a rischio, indica che deve essere recepito un importante concetto, ossia che il territorio a rischio deve essere rispettato e non ci si deve porre nella condizione che al rischio intrinseco del sito sia associato un danno a causa dell'antropizzazione.

In adempimento al comma 1, art.1, del suddetto D.L.180/98, l'Autorità di Bacino di rilievo regionale intende adottare, entro la scadenza posta nel 30 Giugno 2001 ed approvare entro il 30 giugno 2002, piani di bacino stralcio (ai sensi del comma 6 ter art.17 L183) sul rischio idrogeologico costituiti essenzialmente dalle due tematiche relative al rischio idraulico e rischio geomorfologico (susceptività al dissesto e rischio di frana).

Trattandosi di uno stralcio funzionale non esaurisce chiaramente tutte le tematiche previste dal piano di bacino completo. E viene approvato con le procedure ordinarie dalla L.R.18/99.

In materia forestale le leggi che regolamentano la gestione del patrimonio vegetazionale sono la L.R.n° 22 del 16 aprile 1984 con le relative circolari esplicative e la L.R. 4/99 che propongono di concorrere al miglioramento delle condizioni di vita e di sicurezza delle popolazioni, di conseguire il recupero delle forestazioni di terreni nudi o comunque abbandonati, di promuovere le funzioni ecologiche e paesaggistiche, di concorrere alla tutela dell'ambiente ed alla difesa idrogeologica.

Gli scopi citati sono perseguiti attraverso la conservazione, valorizzazione e sviluppo del patrimonio silvo-pastorale nonché la sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria.

L'ambito di applicazione delle leggi di cui sopra, riguarda il patrimonio silvo-pastorale della Regione, dei Comuni e degli altri enti pubblici nonché dei soggetti privati. Gli interventi ammessi al fine di conseguire gli scopi della legge comprendono il rimboschimento e la ricostituzione boschiva, la valorizzazione e l'incremento del patrimonio silvo-pastorale, la difesa e la lotta fitosanitaria, l'assistenza tecnica, la propaganda, la ricerca e la sperimentazione di interesse regionale, la coltura ed il potenziamento dei vivai forestali, la prevenzione e la difesa dei boschi dagli incendi, la viabilità forestale.

La presente trattazione, "Piano di bacino dell'ambito n° 5, Bacini del Torrente Prino, del Torrente Caramagna e dei corsi d'acqua minori dal limite dell'ambito 6 fino al Torrente San Lorenzo escluso (Rio Inferno e Rio Baitè) ai sensi della L.R. n°267/98 stralcio riguardante la difesa idraulica ed idrogeologica, fornisce la base cognitiva, per la futura realizzazione di interventi utili ad un ottimale uso del territorio, con particolare riferimento all'aspetto idraulico ed idrogeologico.

Il presente lavoro si propone un duplice obiettivo, ovvero fornisce una descrizione del territorio del bacino in esame attraverso opportune indagini, e propone una serie di interventi atti a ripristinare situazioni di disequilibrio.

Il lavoro è stato strutturato in base alle indicazioni proposte dal documentato "Raccolta dei criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" pubblicato dalla Regione Liguria "Autorità di bacino di rilievo regionale" – Comitato Tecnico Regionale..

Nell'ambito del presente piano stralcio per il rischio idrogeologico oltre ai citati criteri generali e a quelli relativi all'Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art 1, commi 1 e 2, del decreto legge n°180/98, sono stati seguiti i criteri contenuti nelle seguenti raccomandazioni o note tecniche.

- Raccomandazione N°1/1995 "Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione"
- Raccomandazione n° 3 bis/1999 "Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino"
- Raccomandazione n°4 /1996 "Standard cartografici relativi alle legende per la carta di copertura del suolo, censimento dei fenomeni franosi"
- Raccomandazione n°7/99 "Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale."

- Raccomandazione n°8/2000 “Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino”
- Linea Guida n°1/1999 “Rischio idraulico residuale nell’ambito della pianificazione di bacino regionale
- Linea guida n°2/2000 “Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti “
- Linea guida n°3/2000 “Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del D.L.180/98 convertito con modifiche in L.267/98)”“

## **1.2 Strumenti di pianificazione vigenti**

I piani di Bacino, in qualità di Piani territoriali di settore, impongono alle Autorità competenti di adeguare tutti i piani ed i programmi vigenti sul territorio in esame con effetto non immediato a differenza degli strumenti urbanistici comunali dove si ha invece una prevalenza "automatica".

E' necessaria pertanto una visione più esplicita dei Piani Territoriali, dei Programmi e degli strumenti urbanistici vigenti allo scopo di valutare gli effetti dello stesso nei termini di tempo sopracitati. Nell'ambito in esame sono state eseguite le verifiche in merito ai seguenti strumenti di pianificazione vigenti:

### **1.2.1 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico**

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico, approvato con D.C.R. n. 6 del 26.2.1990 contiene indicazioni a livello territoriale e locale sull'assetto insediativo, geomorfologico e vegetazionale.

Con riferimento a livello territoriale il Piano reca indicazioni aventi valori di indirizzo, di proposta e di recepimento ognuna con una funzione differente: le indicazioni di indirizzo rivestono la funzione più importante in quanto considerano l'aspetto paesistico ambientale e pertanto devono essere prese in considerazione in sede di pianificazione; le proposte suggeriscono una migliore fruizione delle risorse paesistiche mentre i recepimenti valutano la compatibilità di grandi opere infrastrutturali con i contenuti del Piano.

A livello locale il Piano reca indicazioni aventi valore prescrittivo nei confronti degli interventi modificatori degli assetti insediativo, geomorfologico e vegetazionale in atto, di parti del territorio individuato nella cartografia del Piano stesso in scala 1: 25.000, in funzione di tali assetti. Interessano direttamente gli interventi edilizi (assetto insediativo), le opere idrauliche ed i consolidamenti (assetto geomorfologico) e gli interventi di forestazione (assetto vegetazionale). Tali norme prevalgono sulle previsioni degli strumenti urbanistici comunali ove siano più restrittive.

#### Indicazioni del livello locale del P.T.C.P. per l'ambito in esame

Le indicazioni del P.T.C.P. a livello locale per i diversi assetti vengono qui di seguito sintetizzate:

a) Assetto insediativo

La quasi totalità del territorio ad eccezione della fascia costiera viene qualificata come area non insediata da mantenere ANI-MA o area insediata da mantenere IS-MA (quest'ultima spesso funzione della presenza di una viabilità alquanto sviluppata). La prima rappresenta zone di elevato valore naturalistico, che tuttavia possono essere interessate da modeste alterazioni dell'attuale assetto del territorio, purchè non venga compromessa la funzione paesistica e la qualità ambientale; non sono consentite nuove edificazioni con la sola eccezione di modesti interventi volti ad una migliore fruizione collettiva ed a un più razionale sfruttamento delle risorse esistenti. La seconda evidenzia aree in cui l'obiettivo è quello di mantenere le caratteristiche insediative della zona in quanto si riscontra un rapporto equilibrato fra l'insediamento e l'ambiente naturale ed agricolo in cui si colloca.

In corrispondenza di tutti i nuclei abitati le aree sono classificate generalmente come NI-CO (consolidamento nuclei isolati) dove sono consentiti interventi di nuova edificazione e di urbanizzazione, nonché di integrazione ed eventuale sostituzione delle preesistenze, mirati a completare l'impianto urbano ed a completare il tessuto edilizio, garantendo una corretta definizione paesistico ambientale dell'insieme. Lungo la fascia prossimale alla costa, invece, prevalgono, in virtù della diffusa urbanizzazione, aree sotto regime di modificabilità (MO) che possono essere soggette ad interventi di qualificazione.

#### b) Assetto geomorfologico

L'intero ambito è praticamente classificato come area assoggettata a modificabilità di tipo A o di tipo B (MO-A e MO-B) dove i fattori geomorfologici e/o idrogeologici non sono tali da imporre limitazioni di ordine quantitativo, qualitativo o strutturale agli interventi. L'obiettivo della disciplina è quello di evitare alterazioni nei rapporti tra il fattore antropico del paesaggio ed i suoi caratteri geomorfologici ed idrogeologici. Sono pertanto ammessi interventi che si adeguino ai fattori idrogeomorfologici del territorio.

#### c) Assetto vegetazionale

Buona parte del territorio viene classificata come colture agricole con impianti sparsi di serre (COL-ISS); tale zona è assoggettata al regime normativo di mantenimento e sono consentite le costruzioni di nuovi impianti distanziati in modo da non creare concentrazioni ed opportunamente ubicati in funzione delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali dei luoghi. Sono poi presenti locali aree caratterizzate da boschi di angiosperme sotto regime di consolidamento (BAT-CO) in cui le condizioni di manto arboreo sono nel complesso soddisfacenti; l'obiettivo è quello di garantirne la continuità nel tempo permettendo tutti gli interventi volti a migliorare le condizioni complessive del bosco e a regolando il suo sfruttamento economico. Localmente sono infine presenti piccole aree di boschi e praterie assoggettate a regime di trasformazione (PR-TRZ-BA) dove le condizioni dello strato arboreo sono insoddisfacenti per la presenza di essenze che contrastano il dinamismo della vegetazione spontanea o dove lo sfruttamento economico ha dato luogo ad effetti negativi per l'integrità idrogeologica dei versanti; in tal caso l'obiettivo è quello di ripristinare condizioni di equilibrio ecologico e la graduale sostituzione dello strato arboreo esistente con specie idonee.

Rapporto di compatibilità con il vigente P.T.C.P.

Le finalità perseguite dal Piano di Bacino ricalcano le linee guida del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico rappresentandone un approfondimento in particolar modo per gli indirizzi dell'assetto insediativo e geomorfologico. Il Piano ravvisa la necessità di operare un regime di mantenimento per buona parte del territorio dal punto di vista insediativo, e di procedere allo sviluppo di attività agricole e di interventi a carattere idraulico ed idrogeologico per la mitigazione dei fattori di rischio.

### **1.2.2 Piano cave**

Il territorio in oggetto è compreso all'interno dell'ambito n°6 – Imperiese del Piano territoriale delle attività di cava (L.R. 30 Dicembre 1993 n°63).

In questo ambito sono in esercizio 5 cave di cui solo una rientra nel territorio dei bacini in esame: è la cava "Pian del Bue" in Comune di Cipressa che insiste sulla Formazione dei Flysch ad Elmintoidi per la produzione di blocchi da scogliera e tout-venant.

### **1.2.3 Piano discariche**

La gestione delle discariche di rifiuti urbani deve essere conforme al Piano Regionale di gestione dei rifiuti - approvato con D.C.R. n°17 del 29.02.2000 che lo scopo di adeguare gli atti di programmazione regionale nel settore dei rifiuti alle disposizioni comunitarie e statali vigenti e rappresenta il quadro di riferimento del sistema di gestione dei rifiuti dell'intero territorio regionale - e al Piano Provinciale della gestione integrata dei rifiuti urbani approvato con D.C.P. n°97 del 12.12.2001.

Nel territorio in esame è in esercizio la discarica R.S.U "Ponticelli" ubicata nel comune di Imperia su un versante esposto a Ovest. L'impianto si estende su un'area di circa 10 ha ed è ubicato a circa 1Km. Dal mare in direzione Nord. Il corpo di discarica è ubicato sugli impluvi del Rio Ascheri e del Rio Canielli affluenti in sinistra orografica del Rio Inferno.

L'attività consiste essenzialmente nello smaltimento definitivo dei rifiuti solidi urbani e assimilabili ad urbani. La discarica si colloca in un territorio a morfologia tipicamente collinare ed insiste sulle Marne di Sanremo mascherato da una copertura eluvio colluviale di spessore variabile.

Per quanto riguarda il bacino di utenza, la discarica è compresa nell'ambito C Imperiese che comprende il comune di Imperia e altri 39 comuni.

## **1.3 Contenuti specifici del Piano e relativo stralcio, le norme e le azioni a cui devono tendere interventi previsti, costi e modalità di finanziamento.**

Il Piano Stralcio, secondo quanto prescritto dai "Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" forniti dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale della Regione Liguria, sarà mirato inizialmente a:

- a) ottenere una sintesi dell'ordinamento istituzionale, della legislazione e delle procedure amministrative che regolano le linee di intervento e la tutela dell'ambito in esame.
- b) illustrare le caratteristiche del territorio mediante una fase propedeutica di ricerca e catalogazione di tutta la documentazione esistente seguita da uno studio interdisciplinare dell'intero territorio con particolare riferimento ai rischi idraulico ed idrogeologico, all'assetto geologico e geomorfologico, e all'uso del suolo.
- c) individuare le criticità del bacino che devono essere necessariamente risolte per la diminuzione dei rischi esistenti.
- d) definire gli interventi specifici di difesa del suolo per le situazioni a maggiore rischio ambientale con priorità di bonifica per le criticità interferenti con le strutture antropiche.
- e) fornire tutti gli elaborati cartografici che sintetizzino le conoscenze acquisite descritte al punto b.
- f) considerare i vincoli e le norme di salvaguardia da emanare per il superamento dell'attuale regime transitorio, in attesa della definitiva stesura dei Piani di Bacino.

#### **1.4 Descrizione dell'ambiente antropico**

L'ambito in esame risulta densamente antropizzato lungo tutta la fascia costiera in cui prevalgono problemi soprattutto di carattere idraulico: le foci dei Torrenti Prino e Caramagna, infatti, sono state oggetto di esondazioni negli ultimi 20 anni con notevole danno per le strutture antropiche e disagio per la popolazione. Le problematiche nascono da una non corretta regimazione delle acque a monte e dallo stato di degrado degli alvei, dalle edificazioni realizzate troppo in aderenza agli argini se non addirittura in posizione di ostacolo al normale deflusso fluviale.

Nella rimanente parte del bacino, invece, prevale un'attività di tipo agricolo e la presenza di estese aree boscate: qui le maggiori problematiche sono di carattere idrogeologico con presenza di dissesto generalizzato e processi erosivi in atto. Qui le criticità incidono oltre che sulla stabilità dei versanti su diversi fattori quali i tempi di corrivazione, il trasporto solido ed il deflusso superficiale.

In considerazione dell'elevata estensione dell'ambito il Piano Stralcio tenderà a fornire una panoramica dell'intero territorio individuando solo le situazioni maggiormente a rischio idraulico ed idrogeologico che necessitano di interventi urgenti per operare una prima azione di tutela ambientale. Le conoscenze acquisite però forniranno una base conoscitiva per lo sviluppo futuro del Piano di Bacino che dovrà toccare altri aspetti non meno importanti quali l'inquinamento dei corpi idrici superficiali e sotterranei, la bonifica di discariche abusive e la protezione delle coste.

#### **1.5 Attuale livello di conoscenza del territorio**

La presente relazione intende esporre le risultanze degli studi geologici eseguiti a corredo del Piano di bacino dei torrenti Inferno, Prino, Caramagna e Baitè.

L'indagine è stata eseguita partendo dalla consultazione delle pubblicazioni reperibili nella bibliografia specializzata e visionando la cartografia geologica ufficiale d'Italia e regionale sono state poi

esaminate tutte le indagini geologiche a corredo di studi e progetti di Amministrazioni pubbliche, aziende e privati insistenti sul territorio in esame.

Il quadro conoscitivo così acquisito ha rappresentato un valido supporto alla fase di indagine successiva che è consistita in un dettagliato esame in stereoscopia delle fotografie aeree messe a disposizione dall'Amministrazione provinciale di Imperia; in particolare sono state visionate le strisciate relative ad epoche diverse per poter individuare le modificazioni più importanti del territorio negli ultimi decenni. In fase conclusiva sono stati verificati tutti i dati in possesso mediante un accurato rilevamento geologico e geomorfologico di campagna.

Attenendosi a quanto disposto dai criteri di elaborazione forniti dall'Amministrazione provinciale di Imperia sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici utilizzando la base topografica della Regione Liguria in scala 1: 10.000:

- Carta geolitologica
- Carta geomorfologica
- Carta idrogeologica
- Orientamento dei versanti
- Carta dell'acclività dei versanti
- Carta di copertura e d'uso del suolo
- Carta della vegetazione reale
- Carta dell'orientamento dei versanti

Le informazioni così cartografate sono state poi utilizzate operando una sovrapposizione delle carte tematiche ottenendo una carta esprimente la pericolosità ed una di individuazione degli elementi soggetti a maggiore rischio.

L'incrocio di questi ultimi due prodotti ha permesso la mappatura delle aree dove occorre intervenire prioritariamente per la difesa e pianificazione del territorio indagato. Carta della pericolosità e Carta del rischio.

Sezioni cartografiche in scala 1: 10.000 utilizzate come base topografica:

- 259090 Imperia.
- 258120 S. Lorenzo al mare.
- 258080 Dolcedo.
- 258070 Badalucco.
- 258040 Borgomaro.
- 258030 Carpasio.
- 259050 Diano Marina Ovest..

## **CAPITOLO 2 – CARATTERISTICHE DEL BACINO**

### **2.1 Geografia**

L'area oggetto di studio comprende i bacini dei torrenti Prino, Caramagna e dei corsi d'acqua minori compresi dal limite dall'ambiro n° 6 - Impero - al torrente S. Lorenzo escluso : si tratta di un territorio allungato in direzione SW-NE che si affaccia sulla riviera ligure di Ponente; in particolare si estende, lungo la linea di costa, dall'estremità occidentale della città di Imperia fino all'abitato di S.Lorenzo al Mare spingendosi nell'entroterra fino in prossimità del comune di Carpasio (IM). Tale comprensorio si estende su una superficie di circa 60 Km<sup>2</sup> ed appartiene amministrativamente ai comuni di Imperia, Civezza, Dolcedo, Prelà Vasia e S.Lorenzo al Mare.

Le aste torrentizie principali sia per bacino imbrifero che per lunghezza del corso, sono quelle del Prino e del Caramagna; inoltre nell'ambito esaminato ricadono verso Est il Rio Baitè e verso ponente il Rio Inferno, costituenti i maggiori sottobacini

Il bacino del Rio Inferno occupa un'area di limitata estensione ubicata lungo l'estremo occidentale della zona indagata, e risulta ubicata in prossimità del confine del comune di Imperia con quello di S.Lorenzo al Mare (IM). Il rio nasce in località "Bandie" ad una quota di circa 175 m s.l.m. e corre in direzione Sud fino a sfociare in mare in località Ponticelli.

Tale corso d'acqua non ha mai dato luogo a fenomeni di esondazione degni di nota ma attualmente riveste particolare importanza soprattutto lungo il tratto terminale dove scorre in adiacenza all'impianto di smaltimento di rifiuti solidi urbani ed assimilabili di Ponticelli: una discarica controllata di 1a categoria con una volumetria di circa 1.000.000 m<sup>3</sup> che ha accolto per diverso tempo tutti i rifiuti urbani provenienti dalla provincia di Imperia.

Lo spartiacque è delimitato ad ovest dalla linea che congiunge il crinale della Costa delle Terre Bianche (173,7 m s.l.m.) - Colle di Civezza (370,9 m s.l.m.) - località Bandie (269,8 m s.l.m.) per poi scendere ad est lungo Poggio Superiore (245,5 m s.l.m.).

Procedendo verso levante si incontra il bacino del Torrente Prino. Il torrente prende origine dalla confluenza del Rio S.Giovanni, che scende dalle pendici in direzione circa NO-SE, con il Rio dei Molini, che scorre lungo una probabile direttrice tettonica N-S, ad un'altitudine di circa 140 m. nei pressi dell'abitato di Prelà. Procedendo verso valle presso l'abitato di Dolcedo avviene una seconda importante confluenza da parte del Rio dei Boschi proveniente dalla valle dell'abitato di Lecchiore, ed il torrente assume un andamento più sinuoso nella valle fluviale che oltre Dolcedo prende origine. Il reticolo idrografico si sviluppa in maniera dendritica, benché esistano notevoli condizionamenti tettonici; è evidente infatti una notevole asimmetria sui versanti delle aste torrentizie che scorrono lungo faglie presunte, dovuta alla giacitura degli strati, che determina una maggiore articolazione del reticolo sui versanti a Sud, in condizioni di franapoggio, ed un breve corso lungo le linee di massima pendenza sui versanti a Nord (reggipoggio). La proiezione orizzontale del bacino occupa una superficie di 44,30 Km<sup>2</sup> con un perimetro di 35,7 Km.

Lo spartiacque ha direzione analoga al torrente nella parte bassa del bacino ed è costituito: ad Est dalla linea che unisce colline di scarsa altezza : M.te Calvario (96.1 m s.l.m.) - Torre Acquarone (113.5 m

s.l.m.) - C.Lagorio (150.0 m s.l.m.) - C.Lupi (263.6 m s.l.m.) - Costa Cuccarelli (285.9 m s.l.m.) fino a giungere presso l'abitato di Vasia (398.0 m s.l.m.) ove si ha una brusca rottura di pendio in direzione Nord: Croce Soprana (549.7 m s.l.m.) - M.te Acquarone (732.8 m s.l.m.); ad Ovest: Poggio Inferiore (164.8 m s.l.m.) - Poggio Superiore (245.5 m s.l.m.) - M.te Cinque Burche (380.0 m s.l.m.) - Il Carmo (484.1 m s.l.m.) oltre il quale il crinale si apre verso Ovest: M.te Cantagallo (604.0 m s.l.m.) - Passo Bastia (767.5 m s.l.m.).

La rottura di pendio che si riscontra su entrambi i crinali segna il passaggio ad un arco congiungente cime di discreta altitudine, se consideriamo la vicinanza con la costa. Procedendo dallo spartiacque ad Ovest in direzione Nord troviamo: M.te Fauto (1148.82 m s.l.m.) - M.te Orbazzaro o dell'Olmo (1128.6 m s.l.m.) - Poggio (1120.4 m s.l.m.) - M.te Moro (1181.18 m s.l.m.) fino a giungere alla Croce al passo del Maro (1110.6 m s.l.m.), ove si verifica un brusco cambio in direzione W-E a cui coincide una diminuzione di altitudine: Croce Mermelina (943.2 m s.l.m.) - M.te Scuassi (892.2 m s.l.m.) - M.te dei Prati (780.2 m s.l.m.) - M.te Pissibinelli (741.8 m s.l.m.).

Il bacino del Torrente Prino è quello che presenta la maggiore estensione dei quattro ambiti oggetto di studio; il corso d'acqua ha spesso dato luogo ad esondazioni in occasione degli eventi piovosi eccezionali in particolar modo lungo il tratto terminale che va dall'abitato di Dolcedo fino alla foce.

Immediatamente ad est si trovano i bacini del Torrente Caramagna e Baitè. Ad est l'ambito è delimitato dalla linea di spartiacque che lo separa dal bacino del Torrente Prino mentre ad ovest è delimitato dalla linea che congiunge M.te Acquarone (732,8 m s.l.m.) - M.te Pian Cavalle (578,8 m s.l.m.) - M.te del Camione (515,0 m s.l.m.) - M.te Pozzu (381,3 m s.l.m.) - M.te Bardellini (267,5 m s.l.m.).

Il Rio Baitè occupa un'estensione molto limitata lungo il lato ovest ma risulta intensamente urbanizzato rivestendo pertanto una notevole importanza in considerazione dei potenziali danni che può arrecare alle strutture esistenti e alla pubblica incolumità in caso di eventi meteorologici particolarmente sfavorevoli.

Il Torrente Caramagna è quello che negli ultimi anni ha arrecato i maggiori danni dando luogo ad esondazioni ed allagamenti. Il tratto maggiormente critico è quello che corre dalla frazione Caramagna, nel comune di Imperia, fino alla foce: lungo tale tragitto il corso d'acqua descrive ampi meandri e corre lungo un alveo ostacolato da fitta vegetazione con presenza di numerosi ponti di attraversamento e arginature spesso non verificate dal punto di vista idraulico.

Le coordinate estreme entro cui vengono delineati i limiti della zona rilevata risultano essere, sul reticolo chilometrico della C.T.R. della Regione Liguria:

Nord: 868

Sud: 856

Est: 422

Ovest: 409

## 2.2 Geologia

### 2.2.1 Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico formazionale l'area triangolare compresa fra le città di Alassio e Bordighera lungo la costa, ed il Monte Saccarello a Nord, è costituita da tre unità tettoniche tradizionalmente conosciute come "Flysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale". Si tratta di sedimenti attribuiti ad una fossa bacinale e datati al Cretaceo che, in seguito a chiusura dell'originale oceano di deposizione, oceano esistente fra il Continente Paleoeuropeo e la Zolla Insubrica, sono state scollate dall'originale substrato ed hanno subito un trasporto tettonico verso l'esterno entro il Miocene Superiore, fino a raggiungere l'attuale posizione alloctona intermedia fra il dominio Prepiemontese e Brianzonese a levante e quello Delfinese Provenzale a ponente (Fig. 1).



Fig. 1 - Schema strutturale dell'area in esame da Guida Geologica delle Alpi Liguri (1991)

Questa unità è stata cartografata ufficialmente per la prima volta da Franchi che considerava il flysch come autoctono e di datazione eocenica, così come Zaccagna e Rovereto. FRANCHI distingue in questa unità quattro membri così disposti stratigraficamente dal basso:

- 1) un complesso costituito da scisti argillosi variamente colorati intercalati con banchi di arenarie, con tracce di manganese e druse di quarzo, datato al Priaboniano Inferiore (Ps)
- 2) un orizzonte non continuo formato da sottili banchi di calcari alberesi intercalati con scisti argilloso - ardesiaci spesso circa trenta metri (H);
- 3) potenti bancate di arenarie arcose grossolane, a luoghi a cemento calcareo di spessore all'incirca di duecento metri (Ha);
- 4) un'alternanza di calcari alberesi con marne ed arenarie di spessore variabile fra i duecento ed i quattrocento metri a seconda delle zone (H<sub>1</sub>);

5) un complesso costituito da fitte alternanze di scisti arenacei, marnosi, argillosi di spessore circa di duecento-duecentocinquanta metri.

I membri dal 2 al 5 vengono datati al Priaboniano superiore (zona ad helmintoidea).

In momento successivo a quanto proposto da Franchi M.LANTEAUME ("Contribution a l'etude des Alpes Maritimes" 1968) negli anni sessanta ha rivolto il suo interesse a questa zona giungendo ad una datazione più precisa grazie allo studio dei microfossili presenti nelle sequenze flyschoidi.

Lanteaume individua i seguenti membri nella sua carta geologica:

- 1) complesso di base
- 2) serie a prevalenza arenacea
- 3) serie a prevalenza calcarea
- 4) serie a prevalenza marnosa.

Il Lanteaume non distingue il complesso "H" del Franchi e tramite l'analisi di microfaune propone le seguenti età:

- 1) complesso di base: Cenomaniano - Turoniano per la presenza di *Globigerine*, *Gumbeline* e *Fissurine*;
- 2) complesso arenaceo: Cenomaniano s.l. e Senoniano inferiore con la presenza di una fauna analoga alla precedente (con *Fissurina ovalis*);
- 3) complesso "à dominante calcaire": nella parte inferiore Cenomaniano - Turoniano a causa della presenza di una fauna di spicole di spugne, radiolari, piccole *Globigerine* del tipo *Gl. lacera* e delle *Gumbeline*; nella parte superiore Campaniano - Maastrichtiano grazie al ritrovamento di *Globotruncane* del tipo *stuarti* e *stuartiformis* associata alla *Locazina* sp.;
- 4) série à dominante marneuse: Maastrichtiano superiore alla base con l'associazione di *Globotruncana stuarti*, *arca*, *contusa* con *Globigerine*, *Rugoglobigerine*, *Gumbeline* e *Pseudotextularia* rinvenute in livelli calcarei a grana fine microbrecciati; i livelli più alti della serie vengono datati al Cretaceo superiore e generalmente sono privi di fauna.

Contemporaneamente al Lanteaume è stata rivolta l'attenzione al flysch da BONI & VANOSI (1960) con un'analisi approfondita delle faune presenti.

Questo ha portato all'individuazione di microfaune nel "Ps" di Franchi (complexe de base per il Lanteaume) costituite da *Gumbeline*, piccole *Globigerine* (*Globigerielloides* e *Cibicides*), *Globotruncane* del gruppo *Lapparenti*, ed al ritrovamento di *Globigerine*, *Gumbeline*, spicole di spugna, *Cibicides* nel membro H<sub>1</sub>.

Nel membro sommitale infine, oltre alle microfaune individuate da Lanteaume, Boni e Vanossi notificano la presenza di una microfauna con *Rugoglobigerina* sp., *planulina* sp., *Globigerina* cf. *cretacea*, *Globotruncana* cf. *calciformis*.

Gli autori appena citati giungono alla conclusione che le microfaune rinvenute possono essere il frutto di un rimaneggiamento di sedimenti più antichi.

Viene comunque accettata, a causa dell' assenza di un'associazione con fossili Eocenici, l'attribuzione della serie ad un'età essenzialmente cretacea.

Un successivo studio, eseguito sempre dalla scuola francese (Manivit e Prud'Homme, 1990) conferma l'età essenzialmente Cretacica dei terreni flyschoidi, individuando nanofossili calcarei, attribuendo al Maastrichtiano Superiore la série à dominante gréseuse (arenarie di Bordighera) e Maastrichtiano Medio e Superiore per la série à dominante calcaire (flysch calcareo – marnoso); in particolare questo recente studio individua all'interno dei banchi calcarei nanoflore costituite da coccoliti cosmopolite a grande longevità, generalmente difficili da riconoscere a causa dei fenomeni diagenetici subiti, attribuibili ad una piana oceanica invasa periodicamente da correnti di torbida (assimilabili a coni detritici di bacini profondi o piane abissali di piccoli bacini oceanici).

Più recentemente è stato eseguito un lavoro da Sagri che suddivide l'unità di Sanremo - M.te Saccarello in quattro litofacies poggianti sulla formazione di S. Bartolomeo:

litofacies A (Capo Mele): tipica della porzione basale e prossimale. Si tratta di una sequenza torbidityca, a prevalenza di marne ed arenarie calcaree spesse 10-30 metri, organizzate in sequenze positive aventi come porzione terminale calcilutiti;

litofacies B (Villa Faraldi): prevalenza di marne ed arenarie calcaree di potenza decisamente inferiore alla litofacies A (1-5 metri). Tipica della zona distale presenta spesso sequenze negative con alla base strati calcilutitici passanti verso l'alto a strati marnoso-arenacei;

litofacies C (S. Michele): è il membro costituente la porzione intermedia del flysch di Sanremo e consta di bancate arenaceo-argillitiche alternate a strati calcilutitici in cui si insinuano ad intervalli regolari megatorbiditi marnoso-arenacee ("*megaritmici*" di Abbate & Sagri, 1967);

litofacies D (S. Lorenzo al mare): costituisce il tetto della formazione ed è composta da una netta prevalenza di strati arenaceo-argillitici con intercalazioni calcilutitiche e rari banchi marnoso arenacei.

Sagri interpone fra la formazione di S. Bartolomeo e la sequenza flyschoidi una serie di arenarie grossolane denominandola Arenarie di Bordighera, interpretate come sedimenti di un conoide sottomarino a bassa efficienza di trasporto derivante dallo smantellamento del massiccio sardo-corso.

Fra i lavori successivi sono da segnalare gli studi condotti da MARINI & TERRANOVA ( 1986) e da MARINI (1988) che individuano nel flysch dell'unità SANREMO - M.TE SACCARELLO quattro complessi:

- un complesso di base, a dominante argillosa, fortemente manganesifero, con siltiti e quarzoareniti finissime (PELITI DEL COLLE S. BARTOLOMEO);
- un complesso arenaceo, caratterizzato da grovacche feldspatiche intercalate a fitte arenarie e peliti: tale complesso va assottigliandosi verso la porzione orientale, ove manca completamente;
- un complesso calcareo - marnoso ad Elmintoidi (CALCARI DEL M.TE SACCARELLO) con alternanza di marne calcaree, calcari marnosi, arenarie e peliti;
- un complesso marnoso - argilloso (FLYSCH DI SANREMO) con prevalenza di peliti marnoso - argillose intercalate a calcari marnosi ed arenarie.

Particolare attenzione è stata posta a cicli trasgressivi e regressivi che si instaurano durante il Pliocene, quando l'assetto strutturale delle Alpi era definito; l'area è stata studiata da Franchi che individua solo alcuni dei lembi esistenti, e successivamente da Pavolini (1922). Tuttavia un più completo quadro

d'insieme è stato realizzato da Boni, Peloso e Vercesi che individuano con precisione i lembi esistenti. In particolare vengono segnalati per l'ambito esaminato da ponente a levante i lembi di Costa Terrabianca, di Costa dei Cuccarelli, e di Porto Maurizio.

Lembo di Costa Terre Bianche: si tratta di un corpo allungato e stretto con variazioni direzionali in relazioni al locale substrato e diversa inclinazione dei letti sedimentari (contenuta generalmente entro i 30 gradi. Litologicamente si distinguono livelli di marne ed arenarie a cemento calcareo, costituenti le porzioni basali e sommitali del lembo e sabbie grossolane e conglomerati a varia pezzatura cementati (più potenti nelle porzioni intermedie). Il complesso risulta trasgressivo, di tipo netto senza marcati rimaneggiamenti, su un olisostroma esistente nel substrato flyschoidale. Le associazioni di facies rinvenute determinano l'attribuzione dei terreni al Pliocene Inferiore e ad ambiente deposizionale di acque basse.

Lembo di Costa Cuccarelli: anch'esso ad forma prevalentemente lineare si trova in posizione molto interna del bacino ed a una quota relativa elevata (240 - 287 m s.l.m.). Risulta costituito da alternanza di sabbie fini e marne siltose (dal rilevamento in sito, grazie a diversi tagli antropici è stata possibile osservare la presenza di numerosi letti conglomeratici ed alla base di brecce come successivamente citato al paragrafo 2.5.3) di ambiente litoraneo.

Lembo di Porto Maurizio: di potenza maggiore permette l'individuazione di un livello basale a marne ed argille azzurre e giallastre, intercalate a sabbie ed arenarie compatte, ed uno sommitale con prevalenza di sabbie giallastre marnose ed arenarie, con facies conglomeratica a matrice arenaceo-calcareo dominante nella porzione intermedia.

### **2.2.2 Carta geolitologica**

La realizzazione della carta geolitologica (TAV.1) è stata sviluppata mantenendo in linea di massima quanto indicato nelle tavolette della regione Liguria, documento ufficiale più recente. Dal rilevamento eseguito puntualmente in sito su base cartografica alla scala 1:5000, sono stati individuati i termini rocciosi appartenenti alla Formazione delle Arenarie di Bordighera ed alla Formazione del flysch di Sanremo s.s. a sua volta suddivisa nel flysch con litotipi prevalentemente calcareo-marnosi (Calcarei di Monte Saccarello della Tavola Geologica Regionale) e quelli marnoso-arenacei (Marne di Sanremo della T.G.R.) che conclude la sequenza sedimentaria.

Benchè durante il Pliocene la configurazione dell'edificio alpino ricalcasse grossomodo quella attuale, si sono verificati numerosi movimenti tettonici che hanno determinato nuovi lineamenti geomorfologici e ingressioni marine con deposizione di sedimenti marnosi ed argillosi sul substrato flyschoidale; in base a quanto indicato dalla T.G.R. sono stati individuati tre membri: Conglomerati di Monte Villa, Sabbie di Costa Terre Bianche e Brecce di Taggia.

Viene qui di seguito fornita una descrizione dei litotipi affioranti nei bacini esaminati in ordine cronologico dal più antico al più recente:

### **Arenarie di Bordighera (arBOR)**

Affiorano lungo l'estremo occidentale del bacino immediatamente a NE del M.te Faudo secondo una striscia allungata in direzione E-W (località Bignorai). Si tratta dell'ultima propaggine del conoide sottomarino che mostra frequenti interdigitazioni con il soprastante flysch calcareo marnoso (scomparendo totalmente verso Levante), determinando interpretazioni talora problematiche per quanto riguarda il contatto stratigrafico fra i due membri. Si è preferito mantenere i contatti ufficialmente segnalati sulle tavolette, tuttavia dal rilievo puntuale alcune aree mostrano maggiore affinità alla facies arenacea che a quella calcarea: si tratta di un stretto nucleo di piega presso Monte Moro ed un'area lungo lo spartiacque con il torrente S. Lorenzo compresa fra S. Bernardo (ad una quota di circa 690 m s.l.m.) ed una cima ad Est del passo di Bastia ( quota 750 circa). In particolare lo sviluppo di questa seconda lingua lungo l'area denominata Pascae, pur essendo arealmente mascherata, è facilmente riscontrabile nella granulometria della coltre che risulta molto sabbiosa.

Il membro, come indicato nella legenda della tavoletta Regionale, è costituito da bancate di arenarie grossolane, con una caratteristica patina di alterazione marrone brunastra, organizzate secondo bancate dell'ordine del metro; la granulometria passa da media a grossolana, con granuli a prevalente composizione quarzoso feldspatica (riferibili a grovacche), con frequenti episodi microconglomeratici alla base. Nei frammenti litici si riconoscono graniti, porfidi quarziferi, gneiss ecc.; si rinvergono inoltre frequenti intercalazioni di piccole sequenze di strati torbiditici siltosi arenacei medio sottili. Maastrichtiano - Campaniano Sup.?

### **Calcarei marnosi (cm ELM) del Flysch di Sanremo**

Occupano la maggiore estensione della porzione superiore dei bacini presi in considerazione e sono principalmente costituiti da torbiditi calcareo marnose. Pur mostrando ampio spettro, sia per quel che riguarda la potenza degli strati che per la loro natura, la facies tipica è data da calcari micritici compatti grigi (denominati localmente "colombino") della potenza media dei 50 - 100 cm alternati a scisti marnosi e sottili passate argilloscistose.

Nel passaggio col membro sottostante mostra frequenti intercalazioni di arenarie e calcareniti, con presenza di una facies tipica di fitta intercalazione di sottili strati marnosi ed argilloscistosi (passo di Vena).

Al passaggio con il membro sovrastante aumenta nella sedimentazione la frazione fine determinando potenti banchi marnosi, sottili marne calcaree, e piccole passate arenitiche.

Dal punto di vista paleontologico la frequente presenza di Icnofacies ad *Helmintoida labyrinthica* ha determinato la dizione flysch ad *Elmintoidi*; si trovano inoltre frequenti tracce di *Condrites*, talora di dimensioni anche plurimillimetriche (Maastrichtiano - Campaniano Sup.?)

### **Marne (maELM) del Flysch di Sanremo**

L'aumento della componente terrigena e sabbiosa nel complesso torbiditico porta alla litificazione del membro marnoso arenaceo (marne di Sanremo) in cui si rinvergono alternanze in genere a strati più sottili.

Il complesso registra maggiormente gli sforzi deformativi subiti e sono molto sviluppati piani di fissilità (sleaty cleavage) che riducono le bancate marnose esposte agli agenti atmosferici in scaglie minute.

Si rinvengono spesso livelli caotici (tipo "slumping"), argilliti siltose nere, calcari micritici tipo "alberese", livelli a calcari marnosi nodulari immersi in matrice arenitica, con fenomeni di "boudinage"; i livelli arenitici mostrano frequenti impronte e contrimpronte di limiviri e tracce di corrente.

Il complesso (Maastrichtiano - Campaniano Sup.?) affiora lungo tutta l'area orientale del comprensorio indagato.

### **Conglomerati di M.te Villa (cgCMV)**

Affioranti lungo la fascia altimetrica superiore (Costa dei Cuccarelli) sono costituiti da conglomerati poligenici più o meno ricchi di matrice a stratificazione grossolana. Spesso clinostratificati ed organizzati, frequentemente canalizzati; diffuse lenti arenacee, prevalentemente verso il basso; la pezzatura dei clasti è complessivamente crescente verso l'alto. Pliocene inf.

### **Sabbie di Costa Terre Bianche (sCTB)**

Sabbie più o meno cementate ed arenarie prevalentemente quarzose e localmente argillose verso il basso. Pliocene inf.

### **Brecce di Taggia (bcTAG)**

Accumuli caotici molto immaturi con pezzatura fino a quella del blocco, ricchi di matrice e frammisti a conglomerati soprattutto verso l'alto. In assenza degli accumuli caotici livelli di conglomerati ciottolosi o ciottoli sparsi. Al passaggio con sCTB frequenti intercalazioni sabbiose e crostoni panchinoidi con prevalenti lamellibranchi. Pliocene inf.

### **Coperture detritiche superiori a 3 metri (dt)**

Sono state cartografate le coperture detritiche con potenza superiore a 3 m distinguendo ove possibile quelle a granulometria fine da quelle grossolane. Sono presenti lungo tutto il territorio indagato obliterando spesso il substrato roccioso.

Le maggiore porzione areale di tale categoria è occupata dalle coltri di origine colluviale (generate dal trasporto da parte delle acque dilavanti e ruscellanti di frammenti di suolo da una zona ad un'altra posta topograficamente più in basso) hanno una tessitura basata su una matrice limoso argillosa nella quale sono inclusi dei piccoli clasti spigolosi di natura calcareo marnosa ed arenacea che diminuiscono in quantità dalla base fino alla parte superiore, in relazione alla maturità dei sedimenti. Si riscontrano altresì coltri di tipo misto (eluvio-colluviale); la parte più superficiale delle coltri detritiche sopra menzionate si è spesso evoluta in suolo vegetale. Per quanto riguarda la loro genesi è generalmente dovuta all'azione degli atmosferici sui litotipi affioranti: pioggia, vento, cicli di gelo e disgelo intaccano le rocce sgretolandole in percentuale inversamente proporzionale alla loro tenacità; le particelle derivate da questo sgretolamento possono poi subire o meno un trasporto sia ad opera delle acque dilavanti che a causa di fenomeni gravitativi.

In tale classe rientrano anche i numerosi paleoaccumuli la cui origine è da ricercare nell'attività sismica unitamente all'assetto giaciturale ed alla rapida erosione lineare con scalzamento delle sponde da parte dei rii: si tratta di potenti accumuli costituiti da blocchi e talora da interi pacchi di strati immersi in una matrice prevalentemente argillosa. La porzione superficiale è quasi ovunque costituita da terreno vegetale.

#### **- Depositi alluvionali terrazzati recenti (ar)**

Le alluvioni terrazzate (Quaternario) risultano in genere costituite da conglomerati grossolani, con prevalenza litologica dei termini calcarei ed arenacei, immersi in una matrice argillosa limosa; sono arealmente mascherati da uno strato di terreno vegetale ed occupano prevalentemente le piane presso la costa completamente urbanizzate. Generalmente si tratta di sedimenti ben costipati. La porzione superficiale è generalmente caratterizzata da frazione fine (limoso argillosa) legata ad antichi fenomeni esondativi. Lungo le valli non presentano mai potenza elevata (come è possibile rilevare percorrendo l'asta torrentizia del Prino a valle dell'abitato di Dolcedo, dove l'attuale corso in roccia offre un naturale spaccato della sezione marginale, mentre presso la costa raggiungono spessori potenti (Caramagna: 10 - 12 metri, sondaggi viadotto autostrada, Prino: 18 - 20 metri sondaggi viadotto autostrada, 24 - 30 metri pozzi e sondaggi A.M.A.T.

#### **- Depositi alluvionali mobili attuali (am)**

Si tratta di sedimenti prevalentemente ghiaioso ciottolosi talora con blocchi con matrice sabbiosa e più o meno ferrettizzati soprattutto nella colmataura superficiale fine.

### **2.2.3 Tettonica**

L'unità Sanremo-Monte Saccarello associata alle altre tre unità, Colla Domenica-Leverone, Borghetto D'Arroscia-Alassio e Moglio-Testico costituiscono la zona del Flysch della Liguria occidentale.

Tali unità sono sradicate a livello del complesso di base ed hanno subito una traslazione tettonica ed un cambiamento di posizione relativa nel periodo compreso fra il Cretaceo superiore e l'Eocene superiore in cui le unità occupavano una posizione relativa presumibilmente analoga all'attuale.

Per quanto riguarda l'unità Sanremo-Monte Saccarello i vari autori sono concordi ad attribuire una posizione in origine interna rispetto alle unità sopraccitate, posizione che sarebbe cambiata in seguito all'appilamento delle falde con un carreggiamento dell'unità Sanremo-Monte Saccarello in posizione esterna.

Non si conosce il substrato originale dell'unità flyschoidi perché come abbiamo detto esse risultano scollate a livello della formazione di San Bartolomeo, ma si presume che il flysch si sia depositato su un fondo oceanico analogo a quello delle unità della riviera di Levante.

Esistono infatti diverse analogie fra il flysch della Liguria occidentale e quelli dell'Appennino settentrionale (in particolare il flysch del Monte Antola) che inducono a riportare le unità in una posizione paleogeografica contigua, sebbene Boni & Vanossi siano propensi a considerare i sedimenti come provenienti da due bacini diversi evolutisi nel Cretaceo superiore in maniera analoga.

Lo stile deformativo dell'unità presa in considerazione è di tipo plicativo polifasico ed ha avuto luogo nella traslazione e messa in posto dell'edificio a falde in direzione circa N-S attraverso meccanismi gravitativi.

MARINI (1986) ha individuato in un primo tempo cinque fasi deformative:

- a) una prima fase divisibile in subfasi sin- e post- appilamento falde che identifica la traslazione gravitativa verso ed entro i bacini terziari, con direzione di trasporto WNW o NW (EUROPA-VERGENTE);
- b) una seconda fase con pieghe Sud-vergenti coricate a S o SSW (AVANVERGENTI);
- c) terza fase con smembramento dell'edificio attraverso piani di taglio poco inclinati (AVANVERGENTI);
- d) una quarta fase identificabile con la crenulazione sulle strutture precedenti con direzione E - W o WNW - ESE asimmetrica a N e NNE;
- e) quinta fase di età Plio-Pleistocenica con deformazioni distensive a carattere regionale di tipo rotazionale.

Queste fasi individuano un fenomeno di sovrascorrimento delle falde di tipo eminentemente gravitativo.

Tale fenomeno risulta sinsedimentario rispetto alle porzioni terziarie dei flysch e progredisce da Est verso Ovest in due momenti diversi successivi:

- un primo evento Europa-vergente con l'appilamento delle falde e le fasi di taglio e sovrascorrimento;
- un secondo evento con spostamento di masse Sud-vergente.

In seguito MERIZZI & SENO (1991) hanno individuato due sistemi di pieghe coassiali: la prima generazione ( $F_1$ ) è costituita da pieghe decametriche visibili evidentemente solo nel complesso di base; la seconda ( $F_2$ ) costituisce il motivo dominante nell'area da noi esaminata con un'alternanza di anticlinali e sinclinali plurichilometriche ristrette, isoclinali rovesciate, con piano assiale avente direzione NW-SE, immersione verso E-SE e vergenza verso S-SW, che giungono a diventare pieghe-faglia.

Tale motivo dominante non facilmente rilevabile direttamente nella zona da noi presa in esame, ma risulta evidente percorrendo la Valle Argentina situata ad Ovest della nostra zona.

Gli autori interpretano solo le pieghe di fase  $F_1$  come compatibili con un regime di tipo gravitativo, mentre la seconda generazione di pieghe viene attribuita ad una distribuzione disomogenea dell'attrito lungo le superfici di scorrimento

I lineamenti principali che regolano l'attuale paesaggio sono da ricercare nella Neotettonica: esiste infatti un basculamento della costa, con progressivo innalzamento dello spartiacque Ligure-Padano con generazione di lineazioni a grande scala, con correlata fratturazione all'interno del complesso secondo due

principali direttrici NO-SE e NE-SW, e dislocazione anche a quote elevate dei terreni marini. Proprio a tali linee di dislocazione tettonica viene attribuita l'attività sismica dell'area.

## 2.3 Geomorfologia

La carta geomorfologica (TAV.2) riveste un ruolo prioritario in quanto evidenzia tutti i fenomeni in atto sulla parte superficiale del territorio descrivendone la tipologia ed evoluzione, assumendo quindi un ruolo di grande rilevanza nelle scelte di pianificazione territoriale dell'ambito studiato.

L'esame del territorio è stato effettuato mediante l'ausilio delle fotografie aeree in visione stereoscopica esaminando fotogrammi relativi ad anni differenti in modo da poter individuare anche eventuali modificazioni del territorio avvenute negli ultimi due decenni. In una successiva fase di rilievo sul terreno si sono integrati i dati in possesso e si è verificata l'attendibilità delle informazioni ricavate a tavolino.

Sulla base delle informazioni raccolte viene evidenziato un territorio a morfologia tipicamente collinare; come tutta la Liguria si ha un'intensa urbanizzazione lungo la fascia costiera con presenza di una tessitura urbana praticamente continua. Spostandosi verso l'interno il paesaggio muta gradualmente lasciando spazio ad aree adibite per lo più ad attività agricole (serre, orti e soprattutto oliveti); solo lungo le fasce altimetriche più elevate e nelle zone difficilmente accessibili il paesaggio non subisce alcuna modificazione ad opera antropica ed è interessato solo da fenomeni naturali.

Vengono qui di seguito commentati in dettaglio i processi geomorfologici in atto ed i tematismi più significativi che sono stati cartografati.

### **2.3.1 Considerazione sullo stato della roccia**

- Roccia affiorante

*Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in buone condizioni di conservazione e/o disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio (R)*

In questa classe vengono cartografate le aree in roccia generalmente a reggipoggio o a traverpoggio senza fratturazione spinta talora con sottili coltri di spessore inferiore al metro (sono state rilevate estese aree in cui i terrazzamenti nell'ordine dei 50 -80 centimetri mostravano al piede dei terrazzi il substrato affiorante).

Si tratta di ambiti geomorfologici che non presentano particolari problemi di stabilità, talora con problematiche locali non cartografabili.

*Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in buone condizioni di conservazione con disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio (Rs)*

In tale classe sono state cartografate aree con caratteristiche simili a quelle della classe precedente ma con disposizione dei giunti di discontinuità sfavorevole rispetto al pendio. La giacitura a franapoggio costituisce un piano preferenziale di scivolamento per gli strati e pertanto è penalizzante dal punto di vista

della stabilità, specie in funzione della presenza di letti argilloscistosi ed in relazione all'acclività ove è possibile registrare potenziali fenomeni di scivolamento a cuneo o di strato su strato.

*Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata rispetto al pendio (RF)*

Si tratta di aree al limite della stabilità in cui l'alterazione superficiale spinta o l'intensa fratturazione può indurre fenomeni franosi che, secondo la classificazione delle frane di Varnes adattata alla situazione geologica italiana da Carrara, D'Elia e Semenza rientrano nella categoria dei crolli (falls), ribaltamenti (topples) e scorrimenti (slides) a seconda dell'orientamento dei giunti di discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso. L'intensa fratturazione è riconducibile a seconda dei casi ad attività tettoniche e alla circolazione idrica superficiale e sotterranea.

### **2.3.2 Le coperture detritiche**

#### ***Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri:***

Coperture detritiche generate dall'alterazione in posto della roccia o con limitato trasporto da parte delle acque superficiali, generalmente caratterizzate da granulometria fine con piccoli inclusi spigolosi riferibili alla roccia madre; quasi ovunque sono riorganizzate ad opera antropica secondo terrazzamenti eseguiti con muri a secco; si tratta della classe a maggiore sviluppo areale.

#### ***Coperture detritiche potenti superiori a 3 metri:***

Coltri colluviali già identificate nella carta geolitologica (ad esclusione dei paleoaccumuli e delle frane attive).

### **2.3.3 Movimenti franosi**

#### ***Corpo di frana attivo:***

Si tratta di aree instabili con mobilitazione di masse in fase evolutiva, dovuti a fluitazione di materiali di origine gravitativa per elevata acclività dei pendii e scalzamento del piede. Generalmente occupano per l'ambito interessato piccole porzioni, talora estensioni non cartografabili alla scala del piano. Più spesso data la superficialità dei fenomeni e la mancanza di un vero e proprio accumulo di frana si è preferito cartografarle come cigli di arretramento (rotture di pendio) attivi. Si impostano per instabilità incipiente e successivo collassamento ai margini delle aree di paleoaccumulo o in relazioni a locali fenomeni fratturazione ed acclività con il contributo della circolazione superficiale.

Si allegano al piano le schede relative alla maggior parte delle frane attive cartografate; in particolare le schede numerate dalla 37 in poi si riferiscono ai movimenti attivatisi nel Novembre-Dicembre 2000.

**Corpo di frana quiescente:**

Si tratta di accumuli che occupano aree talora estese, essendo collegate a eventi gravitativi recenti che hanno interessato generalmente le coltri o il substrato. Allo stato attuale si trovano in condizioni di equilibrio limite. Le maggiori problematiche si rilevano in genere presso il piede o lungo i Rii che le percorrono, ove esistono fenomeni di erosione regressiva.

**Paleofrana:**

Antico accumulo di corpo di frana di notevole estensione e spessore costituito da materiale eterogeneo con blocchi lapidei anche di notevoli dimensioni in matrice prevalentemente sabbio-limo-argillosa. Ha raggiunto una condizione di equilibrio e spesso non sono più evidenti i tratti morfologici tipici delle frane che le hanno generate (nicchie di distacco e rotture di pendio).

**Deformazione gravitativa profonda**

Talora dall'analisi aereofotogrammetrica è possibile individuare porzioni di versante collassate, presumibilmente riconducibile ad una deformazione gravitativa profonda (FP).

Tale situazione a volte non è percepibile con il solo rilevamento di campagna.

**2.3.3.a Inventario dei centri abitati e delle principali infrastrutture esposti a rischio di processi gravitativi o a fenomeni di erosione fluviale**

Vengono di seguito analizzati in maniera sintetica i processi gravitativi in atto e quelli anche stabilizzati ma potenzialmente a rischio in relazione ad insediamenti antropici significativi; viene adottata la suddivisione in sottobacini in base alle aste torrentizie presenti procedendo dalla costa verso monte per comodità di consultazione.

Le problematiche inerenti ai casi di paleoaccumuli va evidenziato che benché allo stato attuale tali aree si trovino in condizioni di stabilità limite si registrano in genere limitati assestamenti nelle strutture su di essi edificate; tuttavia, in relazione alla sismicità dell'area, risultano evidenti i potenziali rischi di rimobilizzazioni di materiale, specie in funzione della circolazione idrica generalmente esistente lungo l'interfaccia coltre - substrato.

**- Rio Baitè**

Tutte le tipologie edilizie appartengono al tessuto urbano di Imperia; esiste una serie di edifici residenziali presso la costa edificati circa nel primo quarantennio di questo secolo, unitamente agli edifici del Comune, delle Poste Centrali e la sede dell'amministrazione Provinciale. Sono senza dubbio da evidenziare i processi gravitativi in atto che interessano l'area a monte di quest'ultimi due edifici. Si tratta in entrambe i casi di movimenti lenti che interessano la porzione superficiale della coltre ed il substrato, principalmente in ragione del suo elevato stato di cataclasi ed a locale circolazione idrica. Il movimento interessa tutta la superficie con implicazioni delle strutture di contenimento, delle sedi viarie e degli edifici, mostranti in genere

marcati fenomeni di cedimento. Sono stati eseguiti in entrambi i casi interventi di consolidamento profondi (palificate e tiranti).

Diversa tipologia costruttiva, con sviluppo circa nell'ultimo ventennio ed edificazione di edifici plurifamiliari si instaura alla base delle pendici del monte Bardellini al di sopra di un esteso paleoaccumulo stabilizzato.

Spostandosi verso Ovest risulta infine da evidenziare il movimento gravitativo in atto lungo il versante Sud Est di Terre Bianche, con implicazione di alcuni fabbricati plurifamiliari, edificati a monte intorno agli anni '60, che di conseguenza hanno necessitato di operazioni di consolidamento. Il movimento, impostato lungo probabili direttrici tettoniche, attualmente interessa la porzione corticale di suolo, costituita da argille, sabbie e conglomerati.

#### **- Rio Artallo**

L'area di maggiore estensione a potenziale dissesto geomorfologico risulta quella costituente la porzione Sud Est dell'abitato di Artallo, in cui esistono una serie di piccoli edifici realizzati generalmente nell'ultimo centennio, su un potente paleoaccumulo. Un limitato fenomeno franoso attivo di scivolamento si registra invece per alcune villette esistenti sul versante Ovest, subito a monte del tracciato autostradale, con leggere lesioni sia per gli edifici che per le strutture di contenimento della coltre. Sono stati eseguiti interventi di consolidamento.

#### **- Torrente Caramagna**

Benchè esistano numerosi fenomeni franosi sia attivi che quiescenti lungo la valle anche di notevole estensione sono pochi quelli che interessano aree ad alta edificazione.

#### **- Torrente Prino**

La destra orografica del torrente Prino dalla costa fino alla frazione di Piani è interessata da corpi detritici potenti sui quali sono stati edificati piccole unità abitative mono o bifamiliari specialmente nell'ultimo trentennio.

Analoghe caratteristiche geomorfologiche presenta la zona sulla quale è ubicato il paese di Pantasina. Tutti questi corpi detritici di notevole estensione possono essere correlati a deformazioni gravitative profonde che hanno interessato i versanti.

Locali problematiche sono da segnalare per acclività, e/o fratturazione del substrato e/o erosione incanalata da parte dei Rii per i nuclei di Torretta, Pianavia, la porzione estrema Est di Villa Talla,.

#### **- Rio Inferno e tratto di costa fra il torrente Prino ed il limite del bacino.**

L'instabilità che caratterizza l'intero tratto di costa fra il torrente Prino ed il rio Inferno risulta interessare anche la porzione edificata nei pressi dell'abitato di S. Lorenzo: ci troviamo di fronte a movimenti

generalmente superficiali legati all'elevato grado di cataclasi del substrato roccioso ed alla locale acclività. Dal punto di vista edilizio ci troviamo di fronte a costruzioni generalmente recenti (ultimo trentennio) che, tuttavia, mostrano locali cedimenti anche marcati.

#### **2.3.4 Forme antropiche**

##### **Cave:**

Vengono identificate tutte le forme antropiche realizzate per l'estrazione di materiale dal suolo e dal sottosuolo; per l'ambito indagato sono stati rilevati numerosi piccoli sbancamenti realizzati anticamente per ricavare materiale lapideo per i muri di contenimento ad oggi abbandonati e spesso sfruttati per l'abbandono di materiale dismesso (in genere elettrodomestici) o derivante da piccoli lavori di ristrutturazione. In relazione alla loro superficie trascurabile (non occupano superfici maggiori ai 200 m<sup>2</sup>) sono state indicate con simboli puntuali.

L'unica attività estrattiva attiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita immediatamente Nord Ovest di Poggio Superiore: si tratta di un'area a superficie limitata in cui il materiale viene estratto mediante escavatore.

##### **Grossi riporti:**

Aree occupate da depositi di materiali inerti derivanti principalmente dalla costruzione dell'autostrada dei Fiori e da altre opere di viabilità. A causa della scarsa compattazione rappresentano aree facilmente soggette a fenomeni di erosione e dilavamento con potenziali fluitazioni di materiale durante gli eventi meteorici più persistenti, in considerazione dell'elevata frazione argillosa; per la porzione di suolo esaminata i materiali si trovano in stato di equilibrio.

##### **Sbancamenti:**

Sono state cartografate le opere di sbancamento eseguite per la realizzazione dell'autostrada dei fiori, unici ad essere degni di menzione; per la maggiore porzione sono stati contenuti con muri in calcestruzzo, tuttavia talora ove esiste la roccia nuda, in relazione alla locale fratturazione o alterazione si instaurano fenomeni di ruscellamento diffuso.

##### **Discariche di Rifiuti Solidi Urbani:**

Nel comprensorio indagato è presente un impianto per la ricezione di R.S.U.: si tratta della discarica controllata di 1a categoria di Ponticelli ubicata nell'omonima località nel bacino del Rio Inferno ed in particolare interessa gli affluenti Rio Ascheri e Rio Canielli di detto rio.

#### **2.3.5 Processi morfogenetici**

Sono stati cartografati i processi erosivi legati sia all'azione diretta dell'impatto della pioggia sul terreno, sia a quella dello scorrimento dell'acqua in superficie:

*Erosione concentrata di fondo*: si sviluppa ove l'alta acclività unita alla presenza di lineazioni preferenziali fornisce notevole energia alle acque meteoriche raccolte, con la possibilità di problemi di stabilità per lo scalzamento del piede dei versanti. L'individuazione di questo fenomeno riveste notevole importanza in quanto il progressivo approfondirsi dei solchi determina un ulteriore incremento del potere erosivo delle acque di ruscellamento con progressivo aumento delle testate delle incisioni. Strettamente legato a tale processo erosivo si ha poi l'*erosione spondale*: si tratta di scalzamenti delle sponde ad opera dell'azione erosiva dei rii con mobilitazione di materiale e potenziale sbarramento del corpo d'acqua del materiale franato.

*Ruscellamento diffuso*: si instaura in maniera preferenziale sulle aree con scarsa copertura detritica ed elevata acclività con particolare dissesto generalizzato ed asportazione della porzione superficiale di suolo, determinando fenomeni di denudazione.

*Rotture di pendio attive/quiescenti*: vengono ricondotte in tale classe le rotture di pendio significative derivate da erosione progressiva o da cause tettoniche; rientrano in tale classe anche i cigli di arretramento morfologico.

*Ciglio di frana attiva o quiescente*: ove riconoscibili sono stati cartografati i cigli lungo cui si sono verificate la rottura che hanno generato gli accumuli gravitativi;

*Terrazzi morfologici*: distinti in orlo di terrazzo fluviale, sepolto e morfologico. Sono generalmente collegati al condizionamento strutturale o tettonico e in particolare in relazione alla struttura tabulare degli strati che dove hanno basso angolo di inclinazione favoriscono il formarsi di piccoli pianori.

### 2.3.6 Acclività

Nell'ambito della redazione delle cartografie di base è stata realizzata una carta esprimente l'acclività dei versanti in considerazione dell'influenza che acquista nell'evidenziare i salti di pendenza e le rotture di pendio associabili a movimenti franosi e a zone di faglia. Occorre però notare che le informazioni derivate da tale elaborato acquistano significato solo per le aree che non hanno subito modificazioni ad opera antropica escludendo perciò zone quali cave e discariche. L'esame dei tematismi deve essere pertanto eseguito confrontando quanto ottenuto con la carta geomorfologica e con quella della franosità reale, operazione che sarà successivamente concretizzata nella redazione della carta di propensione al dissesto.

Per la realizzazione della carta di acclività è stato utilizzato il metodo suggerito da BRANCUCCI & MIFREDI (1980), che utilizza una griglia di 20 cm x 20 cm, corrispondente alla scala da noi usata (1:10000) ad una superficie di 4 Km<sup>2</sup>, suddivisa in 400 maglie di un cm di lato (pari a 100 m), in cui è inscritto un cerchio.

Le griglie, disegnate su materiale trasparente indeformabile, sono state sovrapposte alla base cartografica e si è proceduto al conteggio degli intervalli esistenti fra le isoipse di ogni maglia, che esprimono la pendenza media in base all'equazione:

$$P_m \% = \frac{Q}{d} \cdot 100 = (n_e / d) \cdot 100$$

Dove

Q = Differenza di quota

n = N° intervalli

e = Equidistanza

d = Diametro della cella in m.

La scelta della maglia circolare, invece della maglia quadrata è stata dettata dalla necessità di avere misure costantemente rilevate lungo la linea di massima pendenza, diversamente orientata in ogni singola maglia.

Seguendo i criteri di elaborazione forniti sono state cartografate le seguenti classi di acclività:

Classe 1	0 - 10%
Classe 2	10 - 20%
Classe 3	20 - 35%
Classe 4	35 - 50%
Classe 5	50 - 75%
Classe 6	75 - 100%
Classe 7	oltre 100%

Le classi con valore fino al 50% rappresentano ambiti geomorfologici comprendenti terrazzi, spianamenti morfologici od antropici, terreni con pendenze dolci e versanti con acclività finio al limite di agibilità dei mezzi meccanici.

Le classi comprese tra il 50 e il 100% rappresentano aree inaccessibili alla lavorazione agricola meccanizzata e solitamente al transito.

La classe oltre il 100% rappresenta scarpate, dirupi e zone inaccessibili.

Per la realizzazione della carta si è quindi proceduto ad un'interpolazione visiva dei dati sulla base cartografica.

Nella parte bassa del bacino, infatti, è osservabile una netta prevalenza delle prime classi di acclività, fatto determinato dalla presenza del flysch a prevalenza argilloso, che da luogo ad una morfologia dolce, in cui solo raramente si riscontrano versanti a forte acclività.

La parte alta del bacino invece è caratterizzata da un condizionamento principale dettato dalle giaciture degli strati, che determinano versanti a bassa acclività sui versanti ad Ovest e versanti discretamente ripidi ad Est, dovuti anche alla tettonica.

### **2.3.7 Orientamento dei versanti**

Per la redazione di questa carta tematica TAV.4) sono state adottate otto classi di eguale ampiezza angolare (45°) i cui valori centrali corrispondono ai punti cardinali principali e a quelli intermedi (Nord, Nord Est, Est, Sud Est, Sud, Sud Ovest, Ovest, Nord Ovest). Per le aree pianeggianti che non possono avere

un'orientazione definita è stata operata un'ulteriore distinzione tra aree pianeggianti di fondovalle e le aree pianeggianti di altopiano.

La carta dell'orientazione dei versanti non fornisce importanti informazioni se considerata singolarmente ma rappresenta un documento di base per la valutazione della risorsa energetica derivante dalla radiazione solare e pertanto trova la sua applicazione ad un incrocio di dati con la carta vegetazionale per una successiva redazione di una carta pedologica.

Dall'elaborazione di questa carta si evidenzia che nella disposizione generale del bacino vi sia una grande prevalenza di versanti esposti ad Est ed Ovest, in minor ordine verso sud e solo in minima parte verso nord.

## **2.4 Idrogeologia**

I reticoli idrografici dei bacini appartenenti all'ambito in esame evidenziano caratteri simili con pattern subdendritici: ciascuno di essi è infatti caratterizzato da un canale principale che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso monte secondo forme arborescenti preferenzialmente lungo direzioni NW-SE e SW-NE dettate da un controllo tettonico di lineazioni parallele

La gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo il metodo suggerito da Strahler ha permesso di individuare un'asta di 5° ordine (Torrente Prino) mentre gli altri alvei si mantengono ad ordini inferiori: quarto per il torrente Caramagna, terzo per il Rio Ponticelli e secondo per il Baitè.

L'idrogeologia locale è legata essenzialmente alla tipologia litologica: il diverso tipo infatti di infiltrazione e di sviluppo del reticolo idrico sotterraneo, così come la permeabilità, ricalca arealmente la diversa evoluzione dei materiali presenti in sito.

In particolare sono state distinte le seguenti formazioni a comportamento idrogeologico analogo:

### Terreni permeabili per porosità

Si tratta delle coperture detritiche, degli accumuli di paleofrana, dei depositi alluvionali e dei litotipi indicati come Sabbie di Costa Terre Bianche (sCTB) e Brecce di Taggia (bcTAG).

Nelle coltri e nelle suddetti litotipi la permeabilità presenta valori molto variabili in funzione della frazione argillosa presente e dallo stato di aggregazione dei materiali stessi; le acque meteoriche infiltrandosi dalla superficie giungendo a contatto con la roccia in posto formano una zona di saturazione la cui fluttuazione è funzione della pendenza e della frequenza degli eventi atmosferici. All'interno dei paleoaccumuli il contrasto con il substrato risulta di maggiore entità con la presenza di una vera e propria falda.

Nelle alluvioni la circolazione idrica sotterranea risulta anisotropa e il deflusso si concentra lungo le lenti di materiale a granulometria più grossolana (sabbie e ghiaie). Anche in tal caso il contrasto di permeabilità in corrispondenza del substrato favorisce la presenza di una falda che può essere libera o imprigionata.

### Terreni permeabili per fessurazioni, fratturazione e carsismo

Rientrano in tale classe i litotipi appartenenti ai calcari marnosi del Flysch di Sanremo e le Arenarie di Bordighera all'interno del quale è presente una circolazione localizzata lungo gli strati rocciosi più alterati e fratturati e lungo le principali linee di dislocazione dove, a causa dell'elevata cataclasi, si ha un locale aumento della permeabilità. All'interno del Flysch calcareo marnoso si sviluppano fenomeni dissolutivi di tipo pseudocarsico nelle bancate a maggiore componente calcarea.

Tale fenomenologia porta alla formazione di colate di travertino in corrispondenza delle venute a giorno delle acque sotterranee e lungo i salti morfologici dei rii, colate che possono raggiungere dimensioni plurimetriche (madonna del Tovo).

La presenza di passate argilloscistose, se integre, divide il substrato in compartimenti stagni. Da numerose trivellazioni eseguite per ricerche acqua ad uso domestico in tale tipologia di terreni si ottengono opere di presa di discreta portata in aree ad elevata cataclasi, limitate generalmente entro i primi cento metri di substrato. Tali opere tuttavia risentono in maniera considerevole degli eventi atmosferici.

### Terreni semipermeabili

Sono stati cartografati in tale classe i litotipi appartenenti alle marne del Flysch di Sanremo dove la presenza di numerosi intercalari impermeabili permette il deflusso sotterraneo solo in corrispondenza dei livelli maggiormente fratturati e delle dislocazioni. Anche in tali terreni sono stati eseguiti numerosi pozzi a piccolo diametro ad uso domestico, tuttavia le trivellazioni più produttive si sono rivelate quelle realizzate nell'intorno di lineazioni tettoniche. Risulta degna di menzione inoltre in corrispondenza di una lineazione tettonica il località Rio Fontane - Coppi Rossi la presenza di acque ad elevato contenuto solforoso, riscontrabile sia da vecchi pozzi esistenti che da recenti terebrazioni.

### Terreni impermeabili

Le aree definite impermeabili sono quelle ad urbanizzazione compatta dove non si riscontrano fenomeni di infiltrazione ma solo ruscellamento superficiale; tali aree sono state indicate con il termine Tessuto Urbano.

Sulla carta idrogeologica, che ben rappresenta il sistema di interazione fra l'idrosfera ed il suolo sono state inoltre cartografati i pozzi e le sorgenti ad uso potabile, industriale ed irriguo.

Si evidenzia immediatamente uno sfruttamento intensivo delle risorse idriche del bacino del torrente Prino con presenza di numerose opere di captazione lungo il tratto terminale che corre dall'abitato di Dolcedo alla foce in corrispondenza della piana alluvionale.

Lungo il Torrente Caramagna invece, è presente un numero medio di opere di presa che non sembrano gravare eccessivamente sul bilancio idrologico del bacino.

Le captazioni cartografate per i Rii Inferno e Baitè sono poche unità e non rivestono praticamente alcuna importanza.

Non sono stati considerati i pozzi destinati ad uso domestico in considerazione della limitata quantità d'acqua emunta.

## **2.5 Carta dell'uso del suolo**

La legenda utilizzata è quella definita dalla Regione Liguria. Non tutte le tipologie previste sono state individuate all'interno del bacino.

Le tipologie individuate sono le seguenti:

1. Territori modellati artificialmente
  - 1.1 Zone urbanizzate
    - 1.1.1. *tessuto urbano continuo*
    - 1.1.2. *tessuto urbano discontinuo*
  - 1.2. Zone industriali commerciali e reti di comunicazione
    - 1.2.1. *aree industriali e commerciali*
    - 1.2.2. *reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori*
    - 1.2.3. *aree portuali*
  - 1.3. Aree estrattive e discariche
    - 1.3.1. *aree estrattive*
    - 1.3.2. *discariche*
  - 1.4. Zone verdi artificiali non agricole
    - 1.4.1. *aree verdi urbane*
    - 1.4.2. *aree sportive e ricreative*
2. Territori agricoli
  - 2.1. Seminativi
    - 2.1.2. *seminativi in aree irrigue*
      - 2.1.2.1 *seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria*  
*T=terrazzati*
      - 2.1.2.2 *seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra*  
*T=terrazzati*
  - 2.2. Colture permanenti arboree
    - 2.2.1. *vigneti*
    - 2.2.2. *frutteti*
    - 2.2.3. *oliveti*
  - 2.4. Zone agricole eterogenee
3. Territori boscati ed ambienti seminaturali
  - 3.1. Praterie

3.2. Zone boscate

3.3 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva

Zone con vegetazione rada o assente

3.4.1 spiagge, dune

3.4.2 rocce nude

3.4.3 aree con vegetazione rada (calanchi, conoidi detrici)

5. Corpi Idrici

5.1.1 corsi d'acqua, canali larg.minima alveo mt 10

Di seguito vengono fornite alcune informazioni riguardanti le tipologie presenti nell'area.

1. Territori modellati artificialmente

1.1 Zone urbanizzate

1.1.1. tessuto urbano continuo

E' costituito dagli spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell' 80% della superficie totale.

Tale tipologia è presente nella parte bassa del bacino in quantità rilevante, ed è presente qua e là nel resto del bacino, in corrispondenza dei nuclei abitati.

1.1.2. tessuto urbano discontinuo

Si tratta degli spazi caratterizzati dalla presenza di edifici, viabilità e superfici a copertura artificiale qualora questi coprano dal 50 all' 80% della superficie totale. Tali spazi si trovano per lo più nella parte bassa del bacino.

1.2. Zone industriali commerciali e reti di comunicazione

1.2.1. aree industriali e commerciali

Sono presenti quasi esclusivamente nella parte bassa del bacino, nel territorio comunale di Imperia.

1.2.2. reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori

Sono stati considerati se di larghezza non inferiore a 10 m. Sono inclusi in questa tipologia anche i grandi svincoli stradali e le stazioni di smistamento.

1.2.3. aree portuali

1.3. Aree estrattive e discariche

E' presente una sola discarica, situata in località Ponticelli nel comune di Imperia.

L'unica attività estrattiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita immediatamente Nord Ovest di Poggio Superiore.

1.4. Zone verdi artificiali non agricole

1.4.1. aree verdi urbane

Si tratta degli spazi ricoperti da vegetazione compresi nel tessuto urbano. Sono presenti per lo più a Imperia e a Dolcedo, che sono i centri abitati di maggior estensione

1.4.2. aree sportive e ricreative

Tale tipologia comprende le aree utilizzate per camping, attività sportive, parchi di divertimento, campi da golf, ecc. Si trovano solitamente nelle vicinanze dei centri abitati.

## 2. Territori agricoli

### 2.1.2. seminativi in aree irrigue

Si tratta delle colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie ad infrastrutture permanenti (impianti di irrigazione, vasche di raccolta).

### 2.2. Colture permanenti arboree

Sono le colture non soggette a rotazione che forniscono i raccolti, esclusi i prati, i pascoli ed i boschi.

#### 2.2.1. vigneti

#### 2.2.2. frutteti

#### 2.2.3. oliveti

### 2.4. Zone agricole eterogenee

Si tratta delle porzioni di territorio in cui sono presenti territori agricoli di vario genere che vengono cartografati insieme perchè l'estensione di ciascuno non è abbastanza grande da permettere che essi vengano rappresentati singolarmente.

## **2.6 Carta della vegetazione reale**

La legenda utilizzata è quella definita dalla Regione Liguria. Non di tutte le tipologie previste si è riscontrata la presenza nel bacino.

Le tipologie individuate sono le seguenti:

- PRATERIA
- ARBUSTETO
- macchia mediterranea
- arbusteto mesofilo o submontano
- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE
- a prevalenza di roverella
- formazioni miste
- FORMAZIONI DI CONIFERE TERMOFILE
- FORMAZIONI MISTE DI CONIFERE E ANGIOSPERME TERMOFILE
- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME MESOFILO a prevalenza di castagno
- FORMAZIONI MISTE DI ANGIOSPERME E CONIFERE MESOFILO
- FORMAZIONI RIPARIALI
- AREE NUDE O CON VEGETAZIONE SPORADICA
- AREE AGRICOLE
- utilizzate, terrazzate e non terrazzate
- non utilizzate in evoluzione naturale, terrazzate e non terrazzate
- non utilizzate invase da infestanti,

Vengono qui fornite informazioni riguardanti le tipologie presenti nell'area.

- PRATERIE

E' presente con una certa estensione nella parte nord-occidentale del bacino, oltre 700-800 m s.l.m., ed è presente a piccole superfici nella parte restante del bacino.

- ARBUSTETO: macchia mediterranea

E' una delle tipologie vegetazionali più diffuse.

- ARBUSTETO: arbusteto mesofilo o submontano

E' presente mescolato con altre tipologie.

- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE: a prevalenza di roverella.

Non sono molto diffuse. Se presenti, si trovano per lo più sopra i 400-500 m s.l.m.

- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE: formazioni miste.

E' la tipologia di bosco più diffusa. Le specie costituenti il bosco sono la roverella (*Quercus pubescens*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), l'orniello (*Fraxinus excelsior*).

-FORMAZIONI DI CONIFERE TERMOFILE

Sono poco diffuse. Dove presenti, sono rappresentate per lo più dal pino marittimo (*Pinus pinaster*).

- FORMAZIONI MISTE DI CONIFERE E ANGIOSPERME TERMOFILE

Tali formazioni, che sono poco diffuse, sono costituite essenzialmente da roverella carpino nero, pino marittimo.

- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME MESOFILE a prevalenza di castagno.

Mentre alcuni decenni fa i castagni erano piuttosto diffusi, almeno secondo quanto riferito dalla popolazione locale, attualmente sono presenti solo in alcune zone, situate per lo più nella parte nord-occidentale del bacino: tra le altre Le Canate, Beurghi, a nord di Poggio della Croce, vicino a Madonna della Neve.

-FORMAZIONI MISTE DI ANGIOSPERME E CONIFERE MESOFILE

Sono presenti in modo molto sporadico.

-FORMAZIONI RIPARIALI

Sono presenti a tratti lungo gli alvei dei torrenti; sono costituite per lo più da pioppi, salici, canneti.

-AREE NUDE CON VEGETAZIONE SPORADICA

Sono presenti qua e là in modo sporadico

- AREE AGRICOLE utilizzate, terrazzate e non terrazzate

Sono soprattutto presenti dove la pendenza è più dolce e vicino ai nuclei abitati.

- AREE AGRICOLE non utilizzate in evoluzione naturale o invase da infestanti

Sono piuttosto diffuse, in particolare nella parte alta dei versanti.

Per quanto riguarda le formazioni boscate è stato indicato il grado di copertura arborea con le seguenti sigle:

BR bosco rado grado di copertura dal 20 al 50%

BB bosco grado di copertura dal 50% al 100%

## 2.7 Assetto idrologico

### 2.7.1 Meteorologia e Clima

Procedendo in uno studio idrogeologico di un bacino risulta di essenziale importanza l'osservazione dei fenomeni meteorologici che interessano la zona. L'analisi dei dati deve essere estesa, al fine di

ottenere risultati significativi, ad almeno un trentennio, in modo tale da ottenere un effettiva media delle precipitazioni e temperature e da poter verificare un eventuale ricorso di eventi straordinari. L'elaborazione dei dati climatici diventa fondamentale non solo per la caratterizzazione climatica dell'area ma anche per prevedere e valutare la distribuzione e intensità dei fenomeni di degradazione e delle risorse idriche.

Questo studio, infatti, oltre a fornire un quadro generale per la valutazione effettiva del bilancio idrologico e della potenzialità delle risorse sfruttabili, svolge un ruolo di non trascurabile importanza per la previsione di eventi eccezionali a cui sono strettamente correlati i fenomeni franosi.

Nel nostro lavoro abbiamo esaminato i dati registrati da due stazioni pluviometriche, Dolcedo (77 m. s.l.m.) e Tavole (500 m. s.l.m.), presenti nel bacino del torrente Prino, unitamente ai dati registrati dall'osservatorio meteorologico di Imperia (15 m. s.l.m.), compreso fra il torrente Caramagna ed il rio Inferno, osservatorio che registra, oltre alle precipitazioni, anche le temperature e da cui abbiamo tratto i dati inerenti all'umidità relativa dell'aria ed alla direzione dei venti.

Va ricordato, inoltre, che i dati reperiti per la stazione è aggiornata solamente al 1983 (attualmente dismessa) e che la stazione di Tavole non è più funzionante dal 1976.

### **2.7.2 Precipitazioni.**

Dall'analisi da noi effettuata dei dati del periodo compreso fra il 1923 ed il 1983 per la stazione di Dolcedo, 1935 - 1976 per Tavole, e del periodo compreso fra il 1920 ed il 1995 dell'osservatorio di Imperia, abbiamo realizzato due diversi tipi di grafici: uno, che fornisce le precipitazioni totali annuali nel corso del periodo esaminato, un secondo che mette in risalto il regime pluviometrico, ossia l'andamento della media delle precipitazioni mensili, calcolata nel periodo studiato, nel corso dell'anno solare.

Il primo tipo di grafici fornisce un quadro generale sul ricorso storico di anni di magra ed anni piovosi. Osservando, infatti, gli istogrammi delle tre stazioni è evidente un ricorso di anni di siccità ogni 20 anni (1943 - 1944, 1967, 1983), ed un periodo pressoché uguale per gli anni piovosi (1927, 1960 - 1961, 1977).

Il secondo tipo di grafico fornisce un quadro informativo sul regime climatico della zona. Dall'analisi comparata dei grafici ottenuti dalle tre stazioni di registrazione risulta un regime pluviometrico caratterizzato da due periodi piovosi, intorno ai mesi di Marzo e Novembre, ed due periodi di scarse precipitazioni (Luglio e Dicembre).

Questo fenomeno è tipico del regime pluviometrico sublitoraneo appenninico, con massimo autunnale maggiore di quello primaverile (Arredi 1947).

Vanno inoltre ricordati i fenomeni eccezionali orari registrati dall'osservatorio di Imperia, cui sono strettamente correlate le alluvioni derivate:

25.10.1894:	156 mm in 8 ore
18.01.1974:	140 mm in 19 ore
25.09.1981:	110 mm in 2 ore
15.09.1968:	22 mm in 20 minuti
07.03.1972:	13 mm in 10 minuti.
16.11.1995:	170 mm in 15 ore.

### 2.7.3 Temperatura

Abbiamo analizzato i dati registrati fra l'anno 1940 ed il 1984 dall'osservatorio meteorologico di Imperia, rilevando le temperature minime, medie e massime.

Il grafico ottenuto dalle temperature medie mensili mette in risalto l'andamento termometrico durante il corso dell'anno solare, a cui è strettamente correlato il fenomeno dell'evapotraspirazione, utilizzabile per un eventuale bilancio idrologico (non esistendo ad oggi stazione di misura del deflusso superficiale non è possibile eseguire determinazioni significative).

### 2.7.4 Venti

La nostra osservazione dei fenomeni meteorologici è stata quindi rivolta alle correnti d'aria che predominano nel periodo estivo, correnti che sospingono l'aria ricca di umidità, come è evidenziato nella tabella dal predominare dei venti provenienti da SE e SW, da mare verso terra, favorendo le precipitazioni occulte, ossia la condensazione dell'acqua per escursione termica dovuta all'altitudine.

I dati forniscono la media calcolata per il periodo compreso fra 1949 ed il 1992, dei mesi più interessanti per il fenomeno sopraccitato, con la direzione di provenienza delle correnti d'aria e la percentuale delle correnti spiranti.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
GIUGNO	4,3	9,8	19,2	21,5	4,0	21,3	9,1	3,7
LUGLIO	4,9	9,4	13,1	23,9	2,8	25,8	10,3	4,7
AGOSTO	6,9	12,8	13,9	21,1	2,4	23,3	11,3	5,5

### 2.7.5 Umidità relativa dell'aria.

L'umidità relativa dell'aria esprime il rapporto fra la quantità di vapore acqueo effettivamente contenuta nell'atmosfera e l'umidità assoluta di saturazione, ovvero il rapporto fra la tensione di vapore presente nell'atmosfera e la tensione di saturazione.

Il valore dello 0% corrisponde all'atmosfera secca, mentre il 100% rappresenta l'atmosfera satura di vapore acqueo.

I dati riportati nella tabella seguente, per la stazione di Imperia, rappresentano la norma calcolata per il periodo compreso fra gli anni 1971 e 1992 durante il corso dell'anno solare, mettendo in risalto un massimo di umidità per i mesi più caldi, quando maggiore è l'evaporazione che avviene sul mare.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	MED
60,4	60,0	61,7	62,4	64,1	66,0	65,0	65,8	65,9	63,8	63,3	62,0	63,4

### 2.7.6 Gerarchizzazione dei corsi d'acqua - L'ordinamento secondo Strahler

I reticoli idrografici dei bacini appartenenti all'ambito in esame evidenziano caratteri simili con pattern subdendritici: ciascuno di essi è infatti caratterizzato da un canale principale che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso monte secondo forme arborescenti preferenzialmente lungo direzioni NW-SE e SW-NE dettate da un controllo tettonico di lineazioni parallele

La gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo il metodo suggerito da Strahler ha permesso di individuare un'asta di 5° ordine (Torrente Prino) mentre gli altri alvei si mantengono ad ordini inferiori: quarto per il torrente Caramagna, terzo per il Rio Ponticelli e secondo per il Baitè.

### 2.7.7 Valutazione del trasporto solido

Le correnti idriche trasportano, in natura, materiali solidi incoerenti che derivano dalle azioni erosive sui versanti e dagli sforzi esercitati dalla corrente stessa sull'alveo. I materiali solidi trasportati da una corrente possono muoversi strisciando e rotolando sul fondo dell'alveo (trasporto solido al fondo) oppure essere tenuti in sospensione dall'agitazione turbolenta del moto (trasporto solido in sospensione).

Nei corsi d'acqua naturali non esiste un vero e proprio limite di separazione tra i due processi, ma piuttosto un passaggio graduale da un moto di sedimenti per strisciamento ad un moto per rotolamento e per salti fino alla sospensione completa. Dal punto di vista teorico risulta però conveniente distinguere i due tipi di trasporto.

Nei successivi paragrafi verranno valutate le portate solide per il bacino in oggetto, che sono naturalmente funzione delle caratteristiche della corrente, dell'alveo e del tipo di materiale trasportato.

#### 2.7.7.1 Il trasporto al fondo

Per la valutazione del trasporto solido al fondo sono state proposte numerose equazioni a partire dalla fine del secolo scorso; quelle maggiormente utilizzate nel campo tecnico sono dovute a Meyer-Peter & Muller, ad Ashida & Michiue ed ad Engelund. Ciò che varia, nei diversi approcci teorici, sono i coefficienti di moltiplicazione, mentre è comune assegnare la dipendenza del trasporto solido al fondo al prodotto di funzioni di  $g^{3/2}$  e di  $\left(\frac{g_c}{g}\right)^{3/2}$ , dove il significato dei simboli verrà introdotto di seguito.

La prima, per miscugli di varia granulometria, si scrive:

$$\Phi_F = \frac{q_{sF}}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}} g d_s^3} = 8g^{3/2} \left(1 - \frac{g_c}{g}\right)^{3/2} \quad (1)$$

la seconda:

$$\Phi_F = \frac{q_{sF}}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}} g d_s^3} = 17g^{3/2} \left(1 - \frac{g_c}{g}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{g_c}{g}}\right) \quad (2)$$

mentre la terza:

$$\Phi_F = \frac{q_{sF}}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} g d_s^3}} = 10g^{3/2} \left(1 - \frac{g_c}{g}\right) \left(1 - 0.7 \sqrt{\frac{g_c}{g}}\right) \quad (3)$$

Nelle tre formule proposte,  $q_{sF}$  indica la portata solida al fondo, in volume, per unità di larghezza dell'alveo,  $\rho$  e  $\rho_s$  le densità rispettivamente dell'acqua e del sedimento,  $g$  l'accelerazione di gravità,  $d_s$  il diametro del sedimento (suggerito l'uso del  $d_{50}$ );  $J$  è il parametro di Shields, la cui espressione è la

seguinte:  $J = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho)gd_s}$  dove  $\tau_0$  rappresenta la tensione al fondo e si può stimare solamente

supponendo il moto uniforme mediante la:  $\tau_0 = \gamma Y j$ , in cui  $Y$  è lo spessore della lama d'acqua,  $j$  la pendenza della linea dei carichi,  $g$  il peso specifico del fluido. In ultimo,  $J_c$  è un valore critico differente per le varie formule, intorno a 0.05.

### 2.7.7.2 Trasporto solido: Torrente Prino

Per avere una stima del trasporto solido al fondo relativa al torrente Prino si è applicata la formula (1).

In mancanza di curve granulometriche che abbiano definito il  $d_{50}$ , si è operata una stima del valore di tale dato;

si considera per esso un valore di  $10^{-2}$  m.

Per il torrente in esame si considera il trasporto in una sezione con le seguenti caratteristiche: larghezza pari a 37 m

pendenza della linea dei carichi totali  $j$  pari a 0.7%, come la pendenza del fondo

profondità della lama d'acqua pari a 3 metri.

Tale profondità è quella per cui, in moto permanente, transiterebbe la portata di progetto con periodo di ritorno pari a 250 anni se le arginature fossero alte a sufficienza.

In queste condizioni, sostituendo nella relazione presentata precedentemente, si ottiene il valore stimato della portata solida al fondo, ovvero:

circa  $1.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

### 2.7.7.3 Trasporto solido: Torrente Caramagna

Per avere una stima del trasporto solido al fondo relativa al torrente Caramagna si è applicata la formula (1).

In mancanza di curve granulometriche che abbiano definito il  $d_{50}$ , si è operata una stima del valore di tale dato;

si considera per esso un valore di  $10^{-2}$  m.

Il torrente Caramagna nel suo ultimo tratto prima dell'immissione in mare è caratterizzato da un fondo artificiale, quindi si è effettuato il calcolo del trasporto solido in corrispondenza di una sezione più a monte.

Per il torrente in esame si considera il trasporto in una sezione con le seguenti caratteristiche:

larghezza pari a 10 m

pendenza della linea dei carichi totali  $j$  pari a 0.8%, come la pendenza del fondo

profondità della lama d'acqua pari a 2.5 metri.

Tale profondità è quella per cui, in moto permanente, transiterebbe la portata di progetto con periodo di ritorno pari a 250 anni.

In queste condizioni, sostituendo nella relazione presentata precedentemente, si ottiene il valore stimato della portata solida al fondo, ovvero:

circa  $0.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

## **2.8 Individuazione delle aree storicamente inondate**

Le aree storicamente inondate sono state rappresentate nella carta specifica (TAV.10 Aree storicamente esondate) e si concentrano principalmente nelle zone immediatamente a monte della foce dei torrenti Prino e Caramagna.

La loro perimetrazione è stata eseguita in base a rilevamenti effettuati in loco immediatamente successivi agli eventi alluvionali del 1998 e 2000 che hanno confermato le criticità stimate nelle verifiche idrauliche, infatti in entrambi gli eventi le zone esondate sono risultate le stesse.

Per quanto riguarda il torrente Caramagna si è verificata l'impossibilità di deflusso della portata al disotto del ponte della S.S.Aurelia con conseguente messa in pressione della struttura, rigurgito a monte ed allagamento delle aree più depresse circostanti il corso d'acqua., in particolare in sponda sinistra dove è presente una estesa zona con abitazioni. L'effetto del livello idrico imposto dal rigurgito a monte del ponte dell'Aurelia e dell'afflusso idrico portato dal rio Artallo (affluente di sinistra del torr.Caramagna) e dal Torr.Caramagna stesso hanno causato l'esondatazione del tratto di corso d'acqua compreso tra circa 200 metri a monte della confluenza dei due e il ponte delle FS. Inoltre il trasporto della vegetazione presente in alveo e l'insufficienza idraulica di alcuni ponti e sezioni nel tratto a monte del ponte della Solerzia hanno contribuito all'esondatazione nelle zone limitrofe.

L'area che è stata interessata dall'esondatazione dell'insufficienza idraulica delle sezioni del torrente Prino è situata nel tratto terminale. Si tratta di una vasta zona residenziale e commerciale, principalmente posta in sinistra idrografica, più una parte in destra che risulta decisamente meno abitata, ma in cui è presente un campeggio e una strada inondabile.

Tuttavia dette aree sono attualmente oggetto di lavori in corso che hanno in parte risolto i problemi di esondatazione.

## **2.9 Aggiornamento e sistemazione dei dati climatici e meteorologici**

La presente relazione idrologica si propone lo scopo di determinare la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno che si può verificare in diverse sezioni significative della rete idraulica costituente il bacino del torrente Prino, del torrente Caramagna, del Rio dell'Inferno e del Rio Baitè.

Lo studio si sviluppa a partire dai dati di pioggia registrati dalle stazioni pluviometriche di interesse per ogni bacino:

Bacino del torrente Prino: la stazione di Tavole, ubicata nella parte montana del bacino, e la stazione di Imperia, ubicata in città.

Bacino del torrente Caramagna: la stazione di Bestagno e la stazione di Imperia. In particolare si rileva che mentre una delle due stazioni ricade all'interno del bacino in esame, l'altra appartiene ad un bacino limitrofo (stazione di Bestagno, bacino torrente Impero), tuttavia l'analisi effettuata attraverso un opportuno metodo (poligoni di Thiessen) ha mostrato come la stazione non appartenente geograficamente al bacino ne descriva comunque le condizioni pluviometriche nella parte montana.

Bacino del Rio dell'Inferno: stazione di Imperia.

Bacino del Rio Baitè: stazione di Imperia.

Attraverso l'elaborazione delle serie di dati pluviometrici sono stati definiti degli eventi di pioggia (ietogrammi) che tengono conto della capacità di infiltrazione del terreno (metodo del CN). L'elaborazione di un adeguato algoritmo di calcolo basato sul modello di Nash ha permesso quindi la determinazione delle portate di massima piena con assegnato periodo di ritorno.

In particolare si rileva che l'introduzione del parametro relativo alla capacità di infiltrazione del terreno costituisce l'elemento fondamentale da cui deriva la differenza tra la portata determinata con il presente studio e quella derivante dalla curva di inviluppo redatta dall'ing. L. Cati a seguito dell'evento alluvionale verificatosi nel 1970.

## **2.10 Descrizione generale della metodologia di calcolo della portata di piena**

La metodologia di calcolo applicata al fine di determinare la portata di massima piena si svolge attraverso due fasi fondamentali.

La prima fase consiste nell'analisi delle precipitazioni registrate dai pluviometri ubicati nel bacino o in punti limitrofi, in modo tale da giungere alla costruzione di eventi meteorici che non siano solo realistici in relazione alla meteorologia dell'ambiente in studio, ma che siano anche fenomeni critici, ovvero precipitazioni la cui distribuzione temporale risulti sfavorevole.

E' infatti accertato come la distribuzione temporale di un evento meteorico influenzi l'idrogramma di piena.

Al fine di raggiungere lo scopo prefissato si è applicata la seguente procedura :

1. definizione delle stazioni pluviometriche interessanti il bacino in esame.
2. determinazione delle curve di possibilità climatica associate a diversi periodi di ritorno.
3. stima del tempo di corrivazione
4. stima del CN (CURVE NUMBER)
5. determinazione degli ietogrammi di progetto

Nell'ambito della seconda fase si applica un modello afflussi deflussi, capace di fornire l'idrogramma di piena avendo come input gli ietogrammi definiti nella fase precedente.



L'altezza media del bacino rappresenta la quota corrispondente alla linea di compenso della curva ipsografica di seguito riportata

### 2.11.2 Caratteristiche principali del bacino del torrente Caramagna

Il torrente Caramagna è un corso d'acqua a carattere prevalentemente torrentizio che sottende un bacino di 22 Km<sup>2</sup>, interessante i comuni di Imperia e di Vasia, compreso entro le displuviali collinari che lo separano dal bacino del torrente Impero ad est e del torrente Prino ad ovest.

La delimitazione del bacino idrografico è relativa allo scorrimento superficiale in quanto avvenuta attraverso l'individuazione sulla carta topografica della linea spartiacque.

Lo sviluppo della rete idrografica risulta essere assai asimmetrico in quanto la presenza di una costa separa in due sottobacini la parte medio alta del comprensorio.

Relativamente alla parte collocata ad est rispetto alla costa stessa, scorre, con andamento piuttosto lineare, il rio Vasia che si immette nel torrente Caramagna all'altezza di Caramagna Ligure.

La parte di bacino ad est della costa è caratterizzata da una rete di drenaggio maggiormente ramificata, infatti procedendo dallo spartiacque verso valle si rileva la presenza del rio Moltoledo, rio Montegrazie, rio della Madonna, rio Orti, che attraversa Cantalupo e rio Artallo, il quale per lungo tratto scorre all'interno di una tombinatura.

Bacino del torrente Caramagna.

Per quanto concerne le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino, esse sono espresse da due diversi gruppi di parametri, ovvero parametri esprimenti le caratteristiche planimetriche e parametri esprimenti le caratteristiche orografiche.

Le caratteristiche planimetriche del bacino, che esprimono le dimensioni geometriche orizzontali, sono le seguenti

Superficie del bacino : S=22 Km<sup>2</sup>

Perimetro del bacino : P=20 Km

Asta principale:

1° tratto : Monte Piancavalle - Caramagna : L1=6 Km.

2° tratto Caramagna - Foce : L2=4 Km.

totale : L=10 Km.

Rapporto di circolarità : Area del bacino / area del cerchio di ugual perimetro:

Rc=0.69

Coefficiente di uniformità : Perimetro bacino/circonferenza cerchio di area S

Cu=1.20

Rapporto di allungamento : Diametro del cerchio di area S/lunghezza dell'asta principale

Ra=0.523

Altezza media del bacino: Hm=235 m s.l.m.

L'altezza media del bacino rappresenta la quota corrispondente alla linea di compenso della curva ipsografica di seguito riportata

### 2.11.3 Caratteristiche principali del bacino del torrente Inferno

Il Rio dell'Inferno è un corso d'acqua che sottende un bacino la cui estensione è pari a 2.7 Km<sup>2</sup>, interessante il comune di Imperia, di Civezza ed il comune di San Lorenzo. Confina ad est con il bacino del torrente Prino ed a ovest con il bacino del torrente San Lorenzo.

In particolare si rinvia all'analisi idraulica, inserita negli allegati idraulici del presente Piano, degli affluenti Rio Ascheri e Rio Canielli interessanti la scarica di RSU Ponticelli il cui ampliamento è stato approvato con provv. Dirigenziale n.h.894 del 10.07.2002.

#### **2.11.4 Caratteristiche principali del bacino del torrente Baitè**

Il Rio Baitè è un corso d'acqua che sottende un bacino di 1.1 Km<sup>2</sup>, interessante il comune di Imperia, confinante ad est con il bacino del torrente Impero ed a ovest con il bacino del torrente Caramagna.

La stazione pluviometrica a cui si è fatto riferimento è la stazione di Imperia.

#### **2.12 Definizione delle stazioni pluviometriche di interesse**

Le stazioni pluviometriche presenti nell'ambito del comprensorio oggetto di analisi sono le stazioni di Tavole e Imperia, tuttavia si è presa anche in considerazione la stazione di Bestagno, benché ubicata nel bacino del torrente Impero.

Al fine di ottenere una interpolazione spaziale dei dati di precipitazione, si è applicato il metodo dei poligoni di Thiessen, che ha permesso di attribuire ad ogni stazione pluviometrica un'area di competenza.

##### **2.12.1 Stazioni pluviometriche di interesse del bacino del torrente Prino**

All'interno del bacino del torrente Prino è presente la stazione di Imperia e la stazione di Tavole.

In base all'applicazione del metodo citato è risultato che il territorio costituente la parte a monte e centrale del bacino è afferente alla stazione di Tavole, mentre il comprensorio vallivo è associato alla stazione di Imperia.

Il metodo dei poligoni di Thiessen ha permesso di determinare le porzioni di territorio afferenti alle stazioni di Tavole ed Imperia che risultano essere percentualmente pari a:

TAVOLE	:	84.4%
IMPERIA	:	15.6%

Ai fini della determinazione degli ietogrammi relativi alla sezione di chiusura si sono considerate entrambe le stazioni con i relativi pesi. Nel caso delle altre sezioni significative si è considerata l'una o l'altra stazione a cui è quindi associato peso 1 a seconda della posizione. Infatti per i sottobacini più a monte, afferenti alla stazione di Tavole sono stati considerati i valori di pioggia qui registrati, mentre per i bacini gravitanti nell'area della stazione di Imperia si è fatto riferimento ai dati di quest'ultima.

I dati pluviometrici disponibili costituiscono un campione sufficientemente numeroso ai fini della determinazione delle curve di possibilità climatica infatti, le registrazioni effettuate dalla stazione di Tavole coprono un intervallo temporale di circa 20 anni a partire dal 1953 fino al 1976, e la stazione di Imperia dispone di 50 anni di osservazione effettuate dal 1935 fino al 1992.

### **2.12.2 Stazioni pluviometriche di interesse del bacino del torrente Caramagna**

Il bacino del torrente Caramagna confina ad est con il bacino del torrente Impero e ad ovest con il bacino del torrente Prino. All'interno del bacino del torrente Caramagna è presente la sola stazione di Imperia, di conseguenza si è fatto riferimento alle stazioni ubicate nei bacini limitrofi, in quanto la variabilità spaziale del fenomeno di precipitazione, all'interno di un nucleo di intensa attività meteorologica, è osservabile dal confronto dei dati registrati in stazioni contigue al comprensorio idrografico.

In particolare si è osservato che all'interno del bacino del torrente Impero è localizzata la stazione di Bestagno, assai prossima alla parte alta del bacino Caramagna, e nel comprensorio relativo al bacino del torrente Prino, in località Tavole, è presente una stazione. Infine, come già detto, si possiedono i dati di precipitazioni registrati nella stazione di Imperia.

Il territorio che costituisce la parte a monte e centrale del bacino è risultato essere afferente alla stazione di Bestagno, mentre il comprensorio vallivo è associato alla stazione di Imperia. Si rileva che l'applicazione del metodo ha evidenziato una competenza areale alla stazione di Tavole estremamente limitata, infatti solo una striscia di ridotta larghezza dipenderebbe dalla stazione di Tavole, conseguentemente, anche a seguito di una analisi dei dati stessi, si è ritenuto opportuno fare riferimento alle sole stazioni di Bastagno e di Imperia.

Il metodo dei poligoni di Thiessen ha permesso di determinare le porzioni di territorio afferenti alle stazioni di Bestagno ed Imperia che risultano essere percentualmente pari a:

BESTAGNO	:	59%
IMPERIA	:	41%

Ai fini della determinazione degli ietogrammi relativi alla sezione di chiusura si sono considerate entrambe le stazioni con i relativi pesi. nel caso delle altre sezioni significative si è considerata l'una o l'altra stazione a cui è quindi associato peso 1a seconda della posizione. Infatti per i sottobacini più a monte, afferenti alla stazione di Bestagno, sono stati considerati i valori di pioggia qui registrati, mentre per i bacini gravitanti nell'area della stazione di Imperia si è fatto riferimento ai dati di quest'ultima.

I dati pluviometrici disponibili costituiscono un campione sufficientemente numeroso ai fini della determinazione delle curve di possibilità climatica infatti, le registrazioni effettuate dalla stazione di Bestagno coprono un intervallo temporale di circa 42 anni a partire dal 1934 fino al 1992, e la stazione di Imperia dispone di 50 anni di osservazione effettuate dal 1935 fino al 1992.

Nel paragrafo successivo sono riportati i valori di pioggia di durata pari a 3/6/12/24 ore registrati da entrambe le stazioni.

### **2.12.3 Stazioni pluviometriche di interesse bacino del rio dell'Inferno**

La stazione pluviometrica a cui si è fatto riferimento è la stazione di Imperia.

### **2.12.4 Stazioni pluviometriche di interesse bacino del rio Baitè**

La stazione pluviometrica a cui si è fatto riferimento è la stazione di Imperia.

Introduzione all'analisi statistica

### 2.13 Determinazione delle curve di probabilità climatica

Per determinare le curve di probabilità climatica è stata utilizzata la seguente formulazione:

$$h = a \times d^n$$

dove:

h= altezza massima

d=durata delle precipitazioni

a= coefficiente

n= coefficiente

I coefficienti a ed n vengono ricavati associando una particolare distribuzione alla serie di dati disponibili, così da ricavare le diverse curve di probabilità climatica in funzione del periodo di ritorno.

Nel caso in esame è stata associata ai dati una distribuzione di tipo Gumbel, in quanto ha superato il test di Kilmogorov - Smirnov ed è inoltre adatta alla descrizione di valori di massimo.

I coefficienti delle curve di probabilità climatica risultano definiti come segue:

$$a = c \{1 - k/m \ln \{ \ln [T/(T-1)] \} \}$$

dove:

T= periodo di ritorno

$$K/m = 0.78 \times V / (1 - 0.45 \times V)$$

V= coefficiente di variazione =  $\langle v \rangle / \langle u \rangle$

Il coefficiente di variazione V si assume costante, pari al valor medio fra i coefficienti delle serie disponibili, così da non avere intersezioni tra la CDF relative alle diverse durate, in quanto non è accettabile che vi siano altezze massime relative a durate date, superate da altezze relative a durate inferiori per lo stesso periodo di ritorno.

L'esponente n ed il coefficiente a sono determinati a seguito della regressione lineare ai minimi quadrati applicata ai dati, espressi in forma logaritmica, della media riscalata e della durata delle precipitazioni.

Si rileva che la regressione lineare fornisce direttamente il valore di n, in quanto rappresentante il coefficiente angolare della retta, mentre al valore di c, ovvero intercetta della retta, deve essere applicata la funzione esponenziale.

Di seguito sono riportati i valori di pioggia registrati dalle stazioni considerate con relativi parametri utili alla definizione delle curve di possibilità climatica.

Ad ogni stazione pluviometrica è associata una curva di probabilità climatica per ogni periodo di ritorno.

Relativamente alla stazione di Tavole i parametri determinati sono i seguenti:

c=27.22388	T <sub>1</sub> =50 anni	T <sub>2</sub> =100 anni	T <sub>3</sub> =150 anni	T <sub>4</sub> =200 anni	T <sub>5</sub> =250 anni
n=0.453285					
A	62.24719	68.51424	72.16871	74.75842	76.76583

Relativamente alla stazione di Imperia i parametri determinati sono i seguenti:

c=22.42951	T <sub>1</sub> =50 anni	T <sub>2</sub> =100 anni	T <sub>3</sub> =150 anni	T <sub>4</sub> =200 anni	T <sub>5</sub> =250 anni
n=0.352578					
A	52.10024	57.40951	60.50547	62.6994	64.40002

Relativamente alla stazione di Bestagno i parametri determinati sono i seguenti:

c=21.08452	T <sub>1</sub> =50 anni	T <sub>2</sub> =100 anni	T <sub>3</sub> =150 anni	T <sub>4</sub> =200 anni	T <sub>5</sub> =250 anni
n=0.412079					

A	57.17693	63.63528	67.4013	70.07007	72.13876
---	----------	----------	---------	----------	----------

L'osservazione delle curve di possibilità climatica riportate nelle due pagine

## 2.14 Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione indica il tempo impiegato da una unità di volume di acqua per raggiungere il recapito finale.

In letteratura sono disponibili diverse formule ai fini del calcolo del tempo di corrivazione, una delle più note è sicuramente la formula proposta da Giandotti, che tuttavia in questo studio è stato ritenuto opportuno non applicare in quanto ricavata per i bacini padani. Si è infatti riscontrato che un calcolo del tempo di corrivazione con tale formula risulta essere assai elevato, conseguentemente si è preferito adottare una formula diversa, ovvero la formula proposta da Kirpich che fornisce un valore plausibile per il bacino preso in esame.

La formula utilizzata ai fini della stima del tempo di corrivazione è la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.066 \times L^{0.77} \times [1000 \times L / (H_{\max} - H_0)]^{0.385} \quad [\text{ore}]$$

dove:

L = lunghezza dell'asta principale

H<sub>max</sub> = quota massima del bacino

H<sub>0</sub> = quota alla sezione di chiusura

I tempi di corrivazione calcolati con la formula di Kirpich in corrispondenza delle sezioni significative riportati nelle tabelle sottostanti:

### BACINO DEL TORRENTE PRINO

Sezione	t <sub>c</sub> (ore)	Sezione	t <sub>c</sub> (ore)
Foce	1.8	Sez. E	1.11
Sez. B	1.43	Sez. F	0.55
Sez. C	1.11	Sez. G	0.42
Sez. D	0.52		

### BACINO DEL TORRENTE CARAMAGNA

Sezione	t <sub>c</sub> (min)	Sezione	t <sub>c</sub> (min)	Sezione	t <sub>c</sub> (min)
Foce	68.80	Rio Orti Sez F	20.69	Sez. L	12.09
Rio Artallo Sez B	25.94	Sez. G	38.26	Sez. M	23.24
Sez. D	13.12	Sez. H	43.16	Sez. N	14.21
Sez. E	10.42	Sez. I	18.01	SezO	19.05

### BACINO DEL RIO DELL'INFERNO

L = lunghezza dell'asta principale = 2.4 Km.

H<sub>max</sub> = quota massima del bacino = 357 m. s.l.m.

H<sub>0</sub> = quota alla sezione di chiusura = 0 m. s.l.m.

t = tempo di corrivazione = 15 min.

**BACINO DEL RIO DEL RIO BAITE'**

L = lunghezza dell'asta principale = 0.4 Km.  
 H<sub>max</sub> = quota massima del bacino = 267 m. s.l.m.  
 H<sub>0</sub> = quota alla sezione di chiusura = 0 m. s.l.m.  
 t = tempo di corrivazione = 5 min.

**2.15 Determinazione degli ietogrammi di progetto**

Le curve di possibilità climatica, come precedentemente esposto, forniscono l'altezza massime di precipitazione al variare della durata, e conseguentemente da esse si ricavano gli ietogrammi di progetto, ovvero l'andamento dell'intensità di pioggia al variare del tempo. Benchè le curve di possibilità climatica siano riferite ad altezze di pioggia con durata minima un'ora ai fini della determinazione degli ietogrammi si è ritenuta lecita l'estrapolazione di intensità di pioggia con durata inferiore all'ora.

Nel caso in esame si sono adottati gli ietogrammi di tipo Chicago che prevedono un andamento crescente dell'intensità di pioggia fino ad un valore di picco, al quale segue un andamento decrescente dell'intensità.

La durata complessiva della precipitazione è assunta pari a circa 3 volte il tempo di di corrivazione, considerando un fenomeno pluviometrico di durata pari a 4 ore, il cui picco di massima intensità si verifica dopo 2 ore dall'inizio della precipitazione.

La scelta di ietogrammi con andamento a campana è giustificato dall'opportunità di riferirsi agli eventi più sfavorevoli per il bacino, allorchè se ne ricerca la portata di massima piena. Con il modello elaborato sono state infatti effettuate prove con ietogrammi aventi andamenti diversi, ad esempio andamento crescente, ed è emerso che la situazione più sfavorevole si ha in conseguenza di un evento pluviometrico caratterizzato da un andamento a campana.

Tali ietogrammi sono caratterizzati dalla proprietà di mantenere per ogni durata anche parziale, misurata rispetto al picco, l'intensità media di precipitazione congruente con quella definita dalle curve di possibilità climatica.

In corrispondenza di ogni stazione e per ogni periodo di ritorno, si è determinato uno ietogramma di progetto con andamento a campana.

Gli ietogrammi sono stati quindi trasformati in ietogrammi di pioggia efficace attraverso l'introduzione del valore esprimente la capacità di infiltrazione del terreno. La precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale, è stata infatti ottenuta depurando gli ietogrammi dalle perdite per infiltrazione e per immagazinamento delle depressioni superficiali. Il metodo utilizzato è quello proposto dal Soil Conservation Service, noto come Curve Number, basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

La procedura consente di calcolare l'intensità di pioggia sulla base della seguente espressione:

$$h_n = (h - I_a)^2 / (h - I_a + S)$$

dove:

$h_n$  = altezza di pioggia efficace

$I_a$  = quota parte della pioggia affluita che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio

S = potenziale specifico di assorbimento del terreno

in particolare:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

$I_a = 0.2 S$  indicazione del Soil Conservation Service

Evidentemente il passaggio altezza di pioggia efficace-intensità di pioggia efficace avviene dividendo l'altezza di pioggia per il tempo.

La stima del parametro CN dipende dalla natura idrologica del suolo in relazione alla permeabilità ed all'uso del territorio; sulla base delle caratteristiche del bacino in esame si è adottato il valore CN = 92, in quanto tale valore è suggerito per suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie e condizioni antecedenti l'evento molto umide.

Così determinati gli ietogrammi efficaci di ciascuna stazione si sono costruiti gli ietogrammi efficaci validi per la sezione di chiusura attraverso una media pesata. La media è pesata in relazione all'incidenza percentuale dell'area afferente alle due diverse stazioni rispetto all'area totale del bacino.

In relazione a quanto sopra si ricorda che l'area competente a ciascuna stazione è risultata dall'applicazione del metodo dei poligoni di Thiessen.

Nelle pagine seguenti sono riportati gli ietogrammi efficaci inseriti nell'algoritmo elaborato.

## 2.16 L'idrogramma unitario

L'idrogramma unitario rappresenta la funzione di trasferimento dall'intensità di pioggia, ovvero lo ietogramma di progetto, alla risposta del bacino idrografico.

Si è utilizzato il modello di Nash, con il quale il bacino idrografico è schematizzato da una cascata di n serbatoi uguali disposti in serie, per ciascuno dei quali si assume che il volume invasato V sia direttamente proporzionale alla portata scaricata Q secondo la relazione lineare:

$$V = K \times Q$$

essendo K un tempo caratteristico legato alle modalità di vuotamento del generico serbatoio.

L'idrogramma unitario istantaneo di questo modello si ottiene applicando la regola che fornisce l'idrogramma unitario istantaneo corrispondente all'insieme di n modelli posti l'uno in serie all'altro.

Per un afflusso istantaneo la portata uscente da un serbatoio lineare risulta:

$$u(t) = 1/k \times e^{-t/k}$$

L'idrogramma unitario istantaneo corrispondente all'insieme di n serbatoi si ottiene eseguendo la convoluzione dell'idrogramma unitario istantaneo relativo ai primi n-1 serbatoi con l'idrogramma unitario istantaneo associato all'n-esimo serbatoio.

In conclusione quindi l'idrogramma unitario istantaneo corrispondente ad un insieme di n serbatoi uguali posti in cascata l'uno rispetto all'altro risulta essere:

$$u(t) = \frac{1}{(n-1)! \times k} \times \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \times e^{-t/k}$$

ovvero l'idrogramma unitario sintetico la cui forma varia al variare del parametro n e del parametro k, quest'ultimo funzione del tempo di corrivazione secondo la relazione:

$$k = 0.5 \times t_c / (n - 1)$$

Nel caso in esame si è assunto n= 3, valore accettato per i bacini liguri.

Di seguito è riportato l'andamento dell'idrogramma unitario istantaneo relativo alla sezione di chiusura del bacino (foce).

### 2.16.1 L'idrogramma di piena

La risposta del bacino idrografico agli impulsi di precipitazione descritti dallo ietogramma è fornita dall'integrale di convoluzione secondo la relazione:

$$Q(t) = S \int_0^t u(t - \tau) \times p(\tau) d\tau$$

dove:

$p(\tau)$  rappresenta la precipitazione

$u(t - \tau)$  rappresenta l'idrogramma unitario.

L'integrale di convoluzione è stato calcolato tramite un opportuno programma di calcolo, con il quale la funzione è stata discretizzata con un intervallo temporale pari a quello utilizzato per la determinazione dello ietogramma.

Dai grafici relativi alla sezione di chiusura di seguito riportati, si può osservare che esiste un ritardo fra il tempo di picco della precipitazione e il picco dell'idrogramma coerentemente con il fenomeno fisico che si attua.

### 2.17 Portate di piena torrente Prino

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente Prino in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in m<sup>3</sup>/s

T <sub>1</sub> = 50 anni	T <sub>2</sub> = 100 anni	T <sub>3</sub> = 150 anni	T <sub>4</sub> = 200 anni	T <sub>5</sub> = 250 anni
384	435	465	486	503

In base allo studio eseguito emerge in maniera evidente la notevole differenza tra il valore leggibile dalla Curva Inviluppo redatta dall'Ing. I. Cati (720 m<sup>3</sup>/s) ed il valore determinato con il metodo descritto (503 m<sup>3</sup>/s). Presumibilmente i fattori che determinano tale discordanza sono essenzialmente due, ovvero la capacità di infiltrazione e ritenzione del terreno di cui in questa sede si è tenuto conto ed inoltre la metodologia con cui la Curva Inviluppo è stata ricavata. Infatti, come già accennato in precedenza, i dati in base ai quali la Curva è stata aggiornata sono riferiti all'evento alluvionale verificatosi nella zona nord-est della Liguria.

Di seguito sono riportati gli idrogrammi relativi alle sezioni significative considerate e i relativi valori di portata.

Portate relative a tutte le sezioni considerate

Come illustrato precedentemente le piogge sono registrate da due diverse stazioni pluviometriche, ovvero Imperia e Tavole. Ai fine della determinazione della portata di piena con tempo di ritorno assegnato, relativa a sezioni localizzate all'interno del bacino si è considerata ora l'una, ora l'altra stazione a sonda dell'ubicazione della sezione stessa.

In particolare, infatti, si riscontra che le sezioni ubicate nella parte a monte del bacino dipendono esclusivamente dalla stazione di Tavole e conseguentemente solo ad essa si è fatto riferimento per il calcolo degli ietogrammi di progetto. Relativamente alle sezioni ubicate nella parte a valle del bacino, invece, si è considerata la solo stazione di Imperia.

Si precisa infine che le portate sono state tutte calcolate con il metodo illustrato precedentemente.

Nella tabella sono riportate le sezioni riferite alla relativa stazione di competenza, dove la simbologia ha il seguente significato:

S	= superficie (Kmq.)	L	= lunghezza asta (Km.)
H <sub>max</sub>	= quota massima del bacino (m.)	H <sub>0</sub>	= quota alla sezione di chiusura
tc(h)	= tempo di corrivazione in ore	tc(m)	= tempo di corr. in minuti
Q( )	= portata in mc/s		

#### SEZIONE AFFERENTE ALLE STAZIONI DI TAVOLE ED IMPERIA

sez. B

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
40	14.6	1100	35	1.43	377	428	458	480	496

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 640 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### SEZIONI AFFERENTI ALLA STAZIONE DI TAVOLE

sez. C

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
33.7	11.6	1100	80	1.11	364	415	444	466	482

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 505 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. D

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
3.2	6	1100	80	0.52	45	52	56	59	61

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 96 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. E

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
30	11.6	1100	80	1.11	330	375	402	421	436

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 457 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. F

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
11	6	1100	220	0.55	152	175	189	199	206

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 275 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. G

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
8	3.9	720	230	0.42	117	136	147	154	160

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 195 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 2.18 Portate di piena torrente Caramagna

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente Caramagna in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in m <sup>3</sup> /s				
T 1 = 50 anni	T 2 = 100 anni	T 3 = 150 anni	T 4 = 200 anni	T 5 = 250 anni
192	221	238	250	260

In base allo studio eseguito emerge in maniera evidente la notevole differenza tra il valore leggibile dalla Curva Inviluppo redatta dall'Ing. I. Cati (406 m<sup>3</sup>/s) ed il valore determinato con il metodo descritto (260 m<sup>3</sup>/s) presumibilmente i fattori che determinano tale discordanza sono essenzialmente due, ovvero la capacità di infiltrazione e ritenzione del terreno di cui in questa sede si è tenuto conto ed inoltre la metodologia con cui la Curva Inviluppo è stata ricavata. Infatti, come già accennato in precedenza, i dati in base ai quali la Curva è stata aggiornata sono riferiti all'evento alluvionale verificatosi nella zona nord-est della Liguria.

Si sottolinea inoltre che recenti studi hanno mostrato una evidente disomogeneità tra l'intensità delle precipitazioni che si verificano nella parte occidentale della Liguria rispetto ai superiori valori che si registrano nella zona più a levante.

Nell'allegato sono riportati gli idrogrammi relativi alle sezioni significative considerate e i relativi valori di portata.

Portate relative a tutte le sezioni considerate

Come illustrato precedentemente le piogge sono registrate da due diverse stazioni pluviometriche, ovvero Imperia e Bestagno. Ai fini della determinazione della portata di piena con tempo di ritorno assegnato, relativa a sezioni localizzate all'interno del bacino si è considerata ora l'una, ora l'altra stazione a seconda dell'ubicazione della sezione stessa.

In particolare, infatti, si riscontra che le sezioni ubicate nella parte a monte del bacino dipendono esclusivamente dalla stazione di Bestagno e conseguentemente solo ad essa si è fatto riferimento per il

calcolo degli ietogrammi di progetto. Relativamente alle sezioni ubicate nella parte a valle del bacino, invece, si è considerata la sola stazione di Imperia.

Si precisa infine che le portate sono state tutte calcolate con il metodo illustrato precedentemente.

Nella tabella sono riportate le sezioni riferite alla relativa stazione di competenza, dove la simbologia ha il seguente significato:

S	= superficie (Kmq.)	L	= lunghezza asta (Km.)
H <sub>max</sub>	= quota massima del bacino (m.)	H <sub>0</sub>	= quota alla sezione di chiusura
tc(h)	= tempo di corrivazione in ore	tc(m)	= tempo di corr. in minuti
Q( )	= portata in mc/s		

#### SEZIONI AFFERENTI ALLA STAZIONE DI IMPERIA

Rio Artallo sez. B

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
2	3.5	332	7	0.432	26	37	41	44	46	48

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. C

Q(250)
212

sez. D

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1	1.4	332	75	0.164	10	16	19	21	22	23

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 29 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. E

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
0.5	1.4	225	26	0.173	10	19	21	22	23	24

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rio Orti sez. F

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1.7	3	400	32	0.345	21	38	42	45	47	49

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

SEZIONI AFFERENTI ALLA STAZIONE DI BESTAGNO

T. Caramagna sez. G

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
7.6	5.8	578	39	0.638	38	109	125	134	141	146

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q = 228 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio Vasia sez. H

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
5.6	7	732	39	0.719	43	110	127	136	143	149

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q = 168 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio Vasia sez. I

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
3	3.1	732	150	0.300	18	74	85	91	95	98

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio della Madonna sez. L

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1.3	2	500	60	0.201	12	42	48	51	53	55

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q = 46 \text{ m}^3/\text{s}$

sez. M

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
5.7	4.4	578	60	0.470	28	101	116	125	131	135

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q = 170 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio Montegrazie sez. N

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1.9	2.3	515	75	0.237	14	52	59	63	66	69

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q = 67 \text{ mc./s}$

Rio Molledo sez. O

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)

3	3.1	578	75	0.317	19	72	82	88	92	95
---	-----	-----	----	-------	----	----	----	----	----	----

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:  $Q= 90 \text{ m}^3/\text{s}$

**OSSERVAZIONE**

Si può osservare che talvolta i valori di portata calcolati sono lievemente maggiori rispetto a quelli ottenuti con la curva inviluppo, (benchè sempre dello stesso ordine di grandezza) ciò presumibilmente è dovuto al fatto che il metodo di calcolo utilizzato in questa sede tiene conto, attraverso il tempo di corrivazione funzione della lunghezza dell'asta e della differenza di quota tra punto più alto e chiusura, dell'acclività dei versanti e della struttura del bacino stesso, mentre la curva inviluppo per due bacini con caratteristiche completamente diverse ma con ugual superficie, fornisce lo stesso valore di portata.

**2.19 Portate di piena del t. Inferno**

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del Rio dell'Inferno in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in $\text{m}^3/\text{s}$				
T 1 = 50 anni	T2 = 100 anni	T3 = 150 anni	T 4 = 200 anni	T 5 = 250 anni
41	47	52	55	57

La portata letta sulla Curva Inviluppo è pari a  $Q= 108 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**2.20 Portate di piena rio Baitè**

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del Rio Baitè in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in $\text{m}^3/\text{s}$				
T1 = 50 anni	T2 = 100 anni	T3 = 150 anni	T 4 = 200 anni	T 5 = 250 anni
17	19	21	22	23

La portata letta sulla Curva Inviluppo è pari a  $Q= 44 \text{ m}^3/\text{s}$

**2.21 Portate di Piano**

A seguito della determinazione delle formule di regionalizzazione delle portate da parte del centro di Ricerca e monitoraggio ambientale di Savona (CIMA), a cui si rimanda per la trattazione completa, si riportano i valori delle portate alla foce dei torrenti indagati:

TORRENTE	PORTATA T= 50 ANNI ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	PORTATA T= 200 ANNI ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	PORTATA T= 500 ANNI ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
PRINO	370	540	650
CARAMAGNA	130	190	230
BAITE'	30	44	53

Per il calcolo della portata nelle diverse sezioni di interesse lungo l'asta principale dei torrenti Prino e Caramagna le formule da utilizzare per il dimensionamento di nuove opere o per l'adeguamento di quelle esistenti sono quindi le seguenti per T=200 anni :

TORRENTE	PORTATA T= 200 ANNI (m <sup>3</sup> /s)	NOTE
PRINO	32,67 x A0.75	Dalla foce alla confluenza con rio dei Boschi
PRINO	30,1 x A0.75	Dalla confluenza con il rio dei Boschi alla confluenza con il rio Crotto
PRINO	27.14 x A0.75	Dalla confluenza con il rio Crotto alla confluenza con il rio Furchin
RIO DEI BOSCHI (AFFLUENTE DEL T. PRINO)	26,46 x A0.75	Dalla confluenza con il t. Prino alla zona Acquasanta
RIO CROTTO (AFFLUENTE DEL T. PRINO)	22,5 x A0.75	Dalla confluenza con il t. Prino alla zona Case Carli
CARAMAGNA	20,75 x A0.75	Dalla foce alla confluenza con il rio Vasia
CARAMAGNA	14,65 x A0.75	Dalla confluenza con il rio Vasia al rio Moltedo
RIO VASIA (AFFLUENTE DEL T. CARAMAGNA)	22.53 x A0.75	Dalla confluenza con il t. Caramagna alla zona costa S. Andrea

Dove A = superficie (Km<sup>2</sup>) dell'area del bacino imbrifero sotteso alla sezione di interesse dell'opera.

Per tutti i rimanenti torrenti dell'ambito del presente Piano di Bacino, compresi pertanto gli affluenti delle suddette aste principali non menzionati nella precedente tabella, caratterizzati da una superficie di bacino compresa tra 2 e 10 Km<sup>2</sup> le formule da utilizzare per il dimensionamento di nuove opere o per l'adeguamento di quelle esistenti sono quindi le seguenti per T=200 anni :

classificazione dei bacini regionali per la stima del valore di CN.

Tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Il riferimento alle condizioni standard sopra riportate consente di esprimere la portata con tempo di ritorno 2.9 anni come:

$$Q_{2,9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3s^{-1}];$$

mentre le portate per il tempo di ritorno del piano (T=200 anni) si ottengono dalla

$$Q_T = 5.02 Q_{2,9} \quad [m^3s^{-1}];$$

Il coefficiente di portata, C<sub>Q</sub>, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione è il seguente :

Longitudine gradi	primi	Bacino Tipo			
		A	B	C	D
7	30	5,15	4,30	3,29	2,89
7	32,5	5,24	4,38	3,35	2,94
7	35	5,34	4,46	3,41	3,00
7	37,5	5,44	4,54	3,47	3,05
7	40	5,54	4,62	3,54	3,11
7	42,5	5,63	4,70	3,60	3,16
7	45	5,73	4,79	3,66	3,22
7	47,5	5,83	4,87	3,73	3,27
7	50	5,93	4,95	3,79	3,33
7	52,5	6,03	5,04	3,86	3,38
7	55	6,13	5,12	3,92	3,44
7	57,5	6,23	5,21	3,98	3,50
8	0	6,33	5,29	4,05	3,55
8	2,5	6,43	5,37	4,11	3,61
8	5	6,53	5,45	4,17	3,66
8	7,5	6,63	5,54	4,24	3,72
8	10	6,73	5,62	4,30	3,77
8	12,5	6,82	5,70	4,36	3,83
8	15	6,92	5,77	4,42	3,88
8	17,5	7,01	5,85	4,48	3,93
8	20	7,10	5,93	4,54	3,98
8	22,5	7,19	6,00	4,59	4,03
8	25	7,28	6,07	4,65	4,08
8	27,5	7,36	6,14	4,70	4,13
8	30	7,44	6,21	4,75	4,17
8	32,5	7,48	6,25	4,78	4,20
8	35	7,52	6,28	4,80	4,22
8	37,5	7,55	6,30	4,82	4,24
8	40	7,58	6,33	4,84	4,25
8	42,5	7,61	6,35	4,86	4,27
8	45	7,63	6,37	4,87	4,28
8	47,5	7,65	6,38	4,89	4,29
8	50	7,66	6,40	4,89	4,30
8	52,5	7,67	6,40	4,90	4,30
8	55	7,67	6,41	4,90	4,31
8	57,5	7,68	6,41	4,90	4,31
9	0	7,67	6,40	4,90	4,30
9	2,5	7,66	6,40	4,90	4,30
9	5	7,65	6,38	4,89	4,29
9	7,5	7,63	6,37	4,87	4,28
9	10	7,60	6,35	4,86	4,26
9	12,5	7,57	6,32	4,84	4,25

9	15	7,53	6,29	4,81	4,22
9	17,5	7,49	6,25	4,78	4,20
9	20	7,44	6,21	4,75	4,17
9	22,5	7,41	6,18	4,73	4,15
9	25	7,38	6,16	4,72	4,14
9	27,5	7,35	6,14	4,70	4,12
9	30	7,32	6,11	4,67	4,10
9	32,5	7,27	6,07	4,65	4,08
9	35	7,22	6,03	4,61	4,05
9	37,5	7,16	5,98	4,58	4,02
9	40	7,10	5,93	4,53	3,98
9	42,5	7,02	5,86	4,49	3,94
9	45	6,94	5,80	4,44	3,90
9	47,5	6,86	5,72	4,38	3,85
9	50	6,76	5,64	4,32	3,79
9	52,5	6,65	5,56	4,25	3,73
9	55	6,54	5,46	4,18	3,67
9	57,5	6,42	5,36	4,10	3,60
10	0	6,30	5,26	4,02	3,53
10	2,5	6,16	5,14	3,94	3,46
10	5	6,02	5,02	3,84	3,37
10	7,5	5,86	4,89	3,75	3,29
10	10	5,70	4,76	3,64	3,20
10	12,5	5,53	4,62	3,54	3,10

## 2.22 Relazione Idraulica

### 2.22.1 Verifica idraulica preliminare - Moto Uniforme

Detta verifica consiste nel valutare innanzi tutto la massima portata defluente, a pelo libero, nelle sezioni critiche delle varie tombinature, e nel confrontarla con la portata massima di progetto valutata con periodi di ritorno pari a 50-200-500 anni, così come determinata nella relazione idrologica del presente lavoro.

Si è adoperato lo schema di moto uniforme, utilizzando la formulazione di Gauckler-Strickler, di seguito riportata:

$$Q = AK_s R^{2/3} \sqrt{i_f}$$

essendo  $A$  [m<sup>2</sup>] l'area della sezione idraulica,  $K_s$  m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> il coefficiente di scabrezza alla Gauckler-

Strickler,  $R$  [m] il raggio idraulico ed  $i_f$  la pendenza del fondo.

Per il coefficiente di scabrezza si sono assunti valori pari a 35 m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup>, 45 m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> a seconda dello stato di conservazione delle pareti e del fondo alveo di ogni torrente.

### 2.22.2 Tratti con moto permanente

La verifica idraulica adottata è stata condotta in moto permanente utilizzando il modello matematico di calcolo implementato su calcolatore elettronico denominato HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineering.

Le formule adottate sono quelle contenute nella moderna letteratura in materia e sono basate sull'equazione del bilancio energetico:

$$y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Dove:

Y = altezze d'acqua in due sezioni consecutive del corso d'acqua in m

Z = quota del fondo alveo in due sezioni consecutive del corso d'acqua in m

V = velocità medie in due sezioni consecutive del corso d'acqua in m/s

g = accelerazione di gravità in m/s<sup>2</sup>

$\alpha$  = coefficiente di Coriolis

$h_e$  = perdite di carico tra una sezione e la successiva del corso d'acqua in m

Le perdite di carico tra le due sezioni successive vengono calcolate con un analogo procedimento iterativo e sono in diretta dipendenza con la scabrezza dell'alveo.

Nei casi in cui il profilo liquido dell'acqua passa attraverso la profondità critica, la suddetta equazione dell'energia non è più applicabile; in tali casi si applica pertanto l'equazione del momento:

$$P^2 - W^2 + M^x - F^x = Q^2 V \Delta V$$

dove:

P = pressione idrostatica nelle due sezioni consecutive del corso d'acqua

W = forza peso dell'acqua nella direzione x (direzione del moto)

F = forza d'attrito della corrente

Q = portata del corso d'acqua

$\rho$  = densità dell'acqua

$\Delta V$  = variazione della velocità tra le due sezioni consecutive

I dati da fornire in input al modello matematico sono costituiti essenzialmente dalle caratteristiche geometriche del corso d'acqua (sezioni trasversali, lunghezze dei singoli tratti, altezze del fondo alveo), dal valore della portata di verifica e dalle condizioni idrauliche al contorno (condizioni di moto all'inizio e alla fine del tratto analizzato).

I suddetti valori insieme alle caratteristiche geometriche delle sezioni di progetto sono stati quindi implementati nel modello matematico in cui è stato ipotizzato come ulteriore dato di avvio della simulazione il moto uniforme della corrente nel tratto di monte (tratto a sezione costante) e nel tratto di valle dell'alveo considerato. I risultati sono riportati negli allegati specifici.

## 2.23 Fenomeni di instabilità nei versanti e nella rete idrografica

Una prima osservazione dei fenomeni ha messo in evidenza come gli stessi interessino aree ad elevata acclività in coltre o in roccia particolarmente fratturata.

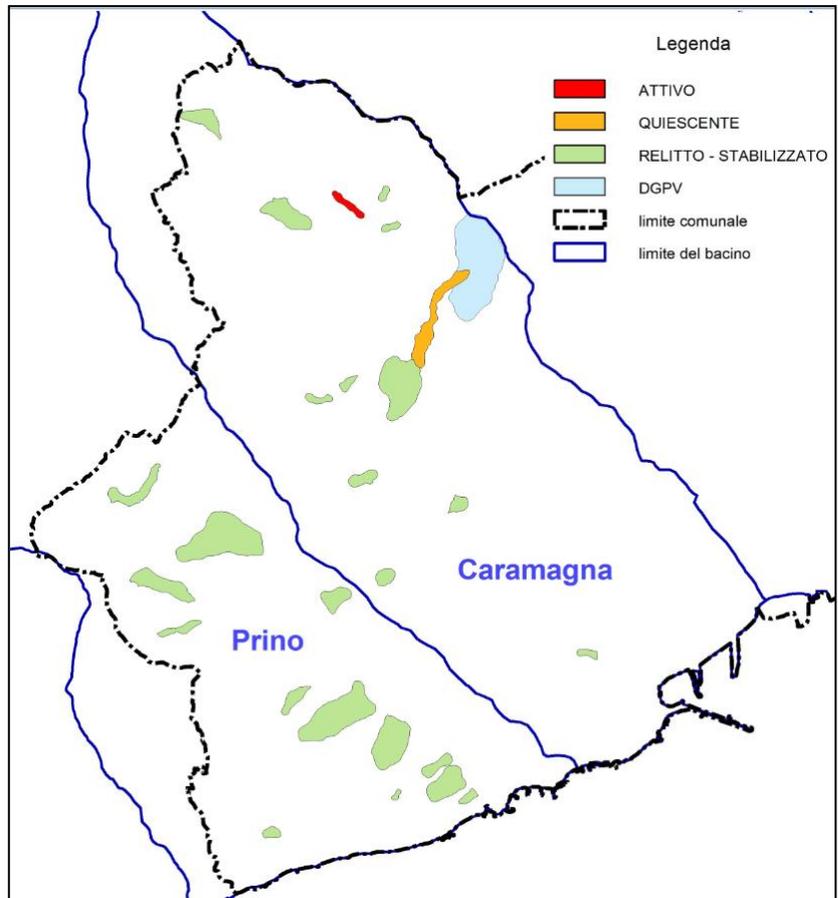
A questo proposito si può constatare facilmente che i litotipi più franosi nell'ambito del territorio in oggetto sono quelli appartenenti ai lembi pliocenici.

Considerazione diverse interessano invece i paleoaccumuli interessanti estese aree, spesso edificate, in stato attuale di equilibrio ma riattivabili specie se sottoposti all'erosione torrentizia, al ruscellamento diffuso superficiale o alla infiltrazione di acque dovute alla cattiva regimazione superficiale.

Con D.G.R. n 1156 del 12/12/2016 è stato aggiornato il quadro dei dissesti geomorfologici del bacino per la porzione di territorio ricadente nel comune di Imperia. Tale aggiornamento deriva dagli studi di approfondimento effettuati nell'ambito della predisposizione della "Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello I" del comune di Imperia. Gli studi di cui sopra sono stati svolti dal "Settore Assetto del Territorio" di Regione Liguria in collaborazione con il Dipartimento DISTAV dell'Università di Genova ed in attuazione di quanto disposto dal "Piano Nazionale di riduzione del rischio sismico" di cui all'art. 11 della L. 77/2009.

Nello specifico, la variante al Piano di Bacino approvata con DGR1156/2016 ha comportato l'inserimento di una nuova frana attiva (individuata ad ovest, sud-ovest dell'abitato di Montegrazie), l'ampliamento di una frana quiescente già presente nel Piano di Bacino (individuata nella zona di testata del bacino del "Rio della Madonna") e l'introduzione di 24 nuove frane, definite come "relitte" e, di conseguenza, classificate come "Pg3b" nella "carta della suscettività al dissesto". Inoltre, a seguito di riconsiderazioni di carattere geologico e geomorfologico, è stato rivisto il grado di suscettività al dissesto di due areali, di cui uno individuato nel settore compreso tra l'abitato di Montegrazie e la zona del cimitero di Montegrazie stesso, e l'altro, definito come D.G.P.V., nella zona di testata del bacino del "Rio della Madonna" in prossimità di Costa Camullo. Entrambi gli areali sono stati classificati come Pg2.

Viene riportato uno stralcio cartografico contenente la localizzazione dei 26 dissesti geomorfologici oggetto della variante approvata con DGR1156/2016.



## **2.24 Catasto delle opere idrauliche**

I risultati del catasto delle opere idrauliche sono materializzati nei volumi e nella cartografia allegata in cui viene fornita la localizzazione e la documentazione fotografica.

## **2.25 Censimento delle attività estrattive**

L'unica attività estrattiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita immediatamente Nord Ovest di Poggio Superiore: si tratta di un'area a superficie limitata in cui il materiale viene estratto mediante escavatore meglio individuata nella carta geomorfologica.

## **2.3.CARTA DEI CORSI D'ACQUA PUBBLICI**

La base cartografica utilizzata per la redazione della carta dei corsi d'acqua pubblici è la Carta tecnica regionale nella scala 1:10.000 cartacea e in formato raster.

Sono state tracciate tutte le aste fluviali dalla foce alle origini, compresi affluenti e subaffluenti e tutta la rete idrologica minore .

Le aste fluviali di primo ordine che non hanno origine da sorgente e lunghezza inferiore ai 500 m. vengono escluse.

Per le aste fluviali di primo ordine che non hanno origine da sorgente e hanno lunghezza superiore ai 500 m. vengono esclusi i primi cinquecento metri.

Per le aste fluviali di primo ordine che sboccano direttamente a mare e lunghezza superiore ai 500 m. vengono esclusi i primi cinquecento metri.

## **CAPITOLO 3 – PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO**

### **3.1 Problematiche idrauliche**

Le problematiche di carattere idraulico riguardano essenzialmente i tratti urbanizzati dei corsi d'acqua.

In tali tratti la presenza di strutture antropiche ha determinato in molteplici punti il restringimento delle sezioni d'alveo con la conseguente impossibilità di passaggio per le massime portate di piena.

Le condizioni al contorno utilizzate nelle modellazioni sono di corrente critica sia nei tratti di monte che di valle dei tratti oggetto di studio idraulico.

Allo stato attuale sono state realizzate le opere di adeguamento in parte dei tratti critici del torrente Prino e Caramagna, in particolare sono stati eseguiti i seguenti interventi:

- Adeguamento idraulico del torrente Prino nel tratto immediatamente a monte del ponte dell'Aurelia fino a circa 250 metri a valle del ponte dell'autostrada;
- Adeguamento idraulico del torrente Prino nel tratto a monte del ponte in località Piani;
- Adeguamento idraulico del torrente Caramagna nel tratto immediatamente a valle del ponte ANAS fino al ponte della "Solerzia";

Sono presenti ancora criticità nei tratti in cui non sono stati ancora eseguiti interventi di adeguamento idraulico e sono esposte nei successivi paragrafi.

Infine nel caso del rio Baitè la problematica idraulica più evidente è determinata dalla presenza lungo tutto il tratto terminale del torrente di tombinature, strutturare con forme e caratteristiche diverse da tratto a tratto e caratterizzate da precarie condizioni statiche.

Le aree inondabili del t. Prino

Le verifiche idrauliche condotte in moto permanente lungo l'asta principale del torrente, dalla foce fino a monte della zona Piani, hanno evidenziato la presenza di insufficienze idrauliche nei tratti in cui non sono stati ancor eseguiti interventi di adeguamento idraulico; il torrente esonda in diversi punti nel tratto a valle e a monte del viadotto autostradale sia in sponda destra che in sponda sinistra.

A valle della massicciata ferroviaria l'esondazione si propaga in sponda sinistra per parte della zona di Torre Bonazza attraverso una zona adibita a scalo per piccole imbarcazioni, in sponda destra l'acqua si propaga, attraverso un sottopasso ferroviario che si trova tra i ponti delle F.S. e dell'Aurelia nella zona a valle del ponte F.S. fino a arrivare sul litorale.

Si osservano infine altre due zone esondabili per differenti tempi di ritorno delle portate a monte degli interventi realizzati in frazione Piani

Le aree inondabili: t. Caramagna

L'indagine idraulica svolta nel tratto compreso tra la foce e il nucleo abitato di Caramagnetta, ha evidenziato la presenza di fasce inondabili, associate e differenti tempi di ritorno delle portate, sia in sponda destra che in sinistra per la quasi totalità dell'area di fondovalle. Le problematiche seguenti sono comunque in via di risoluzione in quanto gli interventi in corso dovrebbero portare in condizioni di sicurezza tutto il tratto di corso d'acqua almeno tra il ponte di "regione Marte" e il ponte della "Solerzia".

L'insufficienza idraulica delle sezioni d'alveo comprese tra il viadotto autostradale ed il ponte della "Solerzia" determina dei sovralzi del pelo libero di notevole entità e tali da causare inondazioni lungo tutta la strada di fondovalle in sponda sinistra e i limitrofi caseggiati.

Sempre in sponda sinistra, si osserva una notevole fascia che comprende i caseggiati a ridosso della massicciata ferroviaria; tale esondazione è diretta conseguenza delle acque che esondano a monte.

L'esondazione in sponda destra comprende la quasi totalità della zona pianeggiante includendo strutture quali il supermercato, alcuni capannoni industriali e le strutture abitative arrivando a lambire la strada di collegamento con le frazioni montane.

Nei tratti a monte del passaggio autostradale fino all'abitato di Caramagnetta si verificano esondazioni principalmente derivanti dal passaggio delle piene associate ad alti tempi di ritorno.

Nel tratto a valle del ponte della “Solerzia” si ha principalmente un’esondazione derivante dall’insufficienza idraulica del tratto a monte che si va ad esaurire in corrispondenza del ponte delle ferrovie che costituisce ostacolo all’esondazione stessa.

Sono inoltre presenti esondazioni puntuali dovute a una insufficienza del franco rispetto al minimo richiesto sia in sponda destra che sinistra; si ha infine un fenomeno esondativo nel tratto focivo dovuto alla ridotta altezza degli argini e alla presenza di numerose aperture negli stessi, tale fenomeno si presenta già per portate minori o uguali alla portata cinquantennale ed è dovuto in buona parte anche alla concomitanza di mareggiate che riducono la velocità di deflusso alla foce del torrente.

È stato effettuato uno studio idraulico in moto permanente monodimensionale del Rio Artallo affluente in sponda sinistra del Torrente Caramagna che ha evidenziato la presenza di fasce esondabili con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni a causa principalmente dell’insufficienza della sezione del tratto tombinato sotto Via Acquarone.

Le aree inondabili: rio Baitè

Stante la presenza di numerose occlusioni d’alveo e vista la precarietà delle strutture è stata già avviata, a seguito di indagine di dettaglio, la progettazione definitiva per la messa in sicurezza totale del rio. Per la determinazione in questa sede delle aree inondabili si è tenuto conto delle portate calcolate con il metodo dei piccoli bacini per i bacini con area inferiore ai 2 kmq illustrato congiuntamente al metodo proposto dal CIMA, maggiormente cautelativo rispetto alle portate calcolate con lo studio idrologico allegato al presente piano. Le verifiche sono state condotte con le seguenti portate:

$Q_{T50}$	$Q_{T200}$	$Q_{T500}$
30.2	43.6	52.5

### 3.2 Carta della pericolosità o suscettività al dissesto dei versanti

La redazione della carta di sintesi sulla pericolosità costituisce un’operazione molto complessa in quanto deve basarsi su numerosi fattori, sia di carattere fisico dei terreni sia di tipo climatico; quando poi l’indagine è estesa su una zona ampia diventa impossibile raggiungere una conoscenza dettagliata di tutto il territorio.

□ In quest’ottica si è cercato di procedere ad una zonizzazione basata soprattutto sull’incrocio qualitativo tra le carte geomorfologica, geolitologica e dell’acclività; particolare importanza è stata attribuita alla distribuzione dei dissesti che si sono attivati nel Novembre-Dicembre 2000 e che indubbiamente hanno colpito le zone più vulnerabili del bacino.

Le frane attive sono state comunque inserite in classe di acclività molto alta (Pg4), quelle quiescenti in classe alta (Pg3A), le paleofrane in classe alta (Pg3B).

Alcune frane quiescenti sono inserite nella classe a pericolosità alta Pg3B, questa anomalia è dovuta all'esecuzione di interventi che tuttavia, in questa fase, non permettono di declassare l'area in Pg2 ed eliminare l'indicazione di una frana quiescente dato da tenere in debita considerazione per un eventuale utilizzo del territorio.

Tra le aree ad alta suscettività (Pg3B), non determinate dalle presenza di paleofrane, ricadono:

- settori con roccia subaffiorante disarticolata in concomitanza a versanti molto acclivi estese a tutto il bacino sia presso i crinali sia nella parte bassa laddove sono presenti le falesie;
- settori caratterizzati da fenomenologie calanchive nel Pliocene;
- tratti di versante caratterizzati da coltre poco potente su substrato impermeabile e acclività elevata;
- tratti di pendio in roccia o in coltre in erosione attiva;
- aree con concentrazioni puntiformi di frane attive.

La differenziazione tra le aree Pg2 e Pg1 è dovuta al diverso grado di pericolosità, anche se lieve, degli elementi geomorfologici e di uso del suolo presenti in settori comunque non caratterizzati da alcun movimento gravitativo quiescente o potenziale. Generalmente la maggior parte delle aree in coltre potente sono risultate in una suscettività media.

- La classe speciale S coincide con le cave attive e le discariche.

### **3.3 La sintesi delle interazioni e delle condizioni di criticità esistente e potenziale**

Nel presente paragrafo vengono sintetizzate tutte quelle situazioni che rappresentano un pericolo potenziale per l'innescò di movimenti franosi, dissesti ed esondazioni. Vengono esaminati qui di seguito singolarmente i punti salienti evidenziandone le problematiche.

#### 1. Fitta vegetazione presente lungo gli alvei.

La maggior parte dei rii è caratterizzata da un'intesa vegetazione costituita principalmente da canneti. Sono presenti inoltre arbusteti ed occasionalmente addirittura piante di alto fusto. In occasione dei periodi maggiormente piovosi la vegetazione costituisce un vero ostacolo al deflusso e può creare vere e proprie dighe in corrispondenza di attraversamenti e ponti che, cedendo improvvisamente, danno luogo ad onde di piena.

#### 2. Presenza di materiale detritico in alveo.

In corrispondenza dei corpi detritici derivanti da fenomeni franosi superficiali e dei paleoaccumuli sono presenti talvolta fenomeni erosivi di sponda che determinano il crollo di materiale detritico nell'alveo. Anche in tal caso durante i periodi piovosi più intensi il crollo di materiale detritico contribuisce ad aumentare notevolmente il trasporto solido dei corsi d'acqua con conseguente aumento del potere erosivo.

#### 3. Strutture antropiche costruite in alveo.

La presenza di opere antropiche quali edifici per il ricovero di attrezzi agricoli, baracche o vere e proprie costruzioni in c.a. in alveo, riducono la sezione di deflusso e costituiscono impedimenti alle naturali vie di sfogo durante gli eventi di piena.

#### 4. Scarichi fognari lungo i corsi d'acqua.

Gli scarichi fognari sono presenti in gran numero sia lungo il torrente Prino che Caramagna soprattutto in corrispondenza dei tratti terminali. Gli scarichi provengono sia da edifici ed attività private che da collettori fognari pubblici: in particolare è stato individuato un grave inquinamento delle acque superficiali del Torrente Prino.

#### 5. Scarpate rocciose a ridosso della rete viaria

Si tratta di pareti rocciose di probabile origine tettonica che possono dare luogo alla caduta di pietre e massi con grave pericolo per la pubblica incolumità: gli esempi più evidenti si hanno lungo la strada provinciale che unisce l'abitato di Dolcedo con quello di Prelà e lungo la Strada statale n.1 Aurelia tra Imperia e S.Lorenzo al Mare.

#### 6. Frane superficiali in coltre e calanchi.

Sono fenomeni superficiali che coinvolgono principalmente i corsi d'acqua e la rete viaria. Spesso di piccole dimensioni possono però evolversi rapidamente sia in arretramento che in allargamento.

#### 7. Discariche abusive.

La presenza lungo rii minori di piccole discariche abusive, costituite in genere da materiale inerte e rifiuti ingombranti, rappresenta un notevole ostacolo al naturale deflusso delle acque superficiali ed una potenziale fonte di inquinamento.

### **3.3.1 Principali criticità di carattere geomorfologico nel Bacino in esame**

Le principali criticità di carattere geomorfologico del Bacino in esame sono le seguenti:

- Comune di Imperia – Ad Est del bivio per Cipressa. Si tratta di una frana superficiale (Pg4) con mobilitazione di detrito in occasione delle precipitazioni più intense a monte della strada Statale n° 1 immediatamente ad Est del bivio per l'abitato di Cipressa. E' in corso d'opera un intervento (Gp6) a carico dell'ANAS realizzato mediante la posa in opera di gabbioni e di reti corticali a difesa della rete viaria.
- Tratto stradale compreso tra Imperia e l'abitato di S. Lorenzo al Mare; sono presenti scarpate che hanno dato e possono dare luogo a crolli di materiale detritico e lapideo che potrebbero interessare la strada Statale n°1. In questo tratto sono già stati realizzati alcuni interventi di somma urgenza a carico dell'ANAS in seguito all'evento del Novembre-Dicembre 2000. Nell'ottica della messa in sicurezza dell'intero tratto anche in previsione di possibili dissesti futuri si propone l'intervento Gp1.

- Località Terre Bianche – Comune di Imperia – Si tratta di un'estesa area calanchiva con notevoli fenomeni di erosione superficiale che ha creato problemi di stabilità ad alcuni gli edifici della zona. Per alcuni edifici sono già stati realizzati interventi di consolidamento tuttavia si consiglia di eseguire uno studio di dettaglio (Gp2) corredato da opportune indagini geognostiche necessari per la progettazione esecutiva di interventi mirati a limitare rapidamente i processi erosivi in atto mediante canalizzazioni superficiali e a consolidare il versante.
- Località Montegratie – Comune di Imperia e zona sede Provincia e Prefettura di Imperia. Si tratta di corpi di paleofrana che interessano centri abitati (a cui è associata, sulla Carta della suscettività al dissesto un'area Pg3B). Il rischio associato è R4. Gli interventi previsti, classificati sulla Carta degli Interventi come G-M, prevedono l'esecuzione di sondaggi geognostici e quindi il monitoraggio delle aree per prevedere eventuali interventi di miglioramento delle condizioni di stabilità.
- Località Montegratie – Comune di Imperia – Si tratta di un'area interessata da una frana complessa attiva che interessa l'area a sud ovest dell'abitato, individuata nell'ambito degli studi di approfondimento effettuati al fine della predisposizione della "Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello I", approvato con D.G.R. n. 1156 del 12/12/2016 Nella carta della suscettività al dissesto è classificata area Pg4 e gli interventi previsti, individuati sulla Carta degli Interventi come Gp15, prevedono uno studio geologico di dettaglio propedeutico alla progettazione degli interventi per la messa in sicurezza del versante (quali, ad esempio, consolidamenti e regimazione delle acque).

Altri interventi di monitoraggio sono stati previsti in zone in frana quiescente o paleofrana, dove sono presenti manufatti.

### 3.4 SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC) – ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)

La direttiva europea n.43 del '92, nota con il nome di "Direttiva Habitat" per la salvaguardia della biodiversità, è costituita sul territorio da una rete di aree di particolare interesse naturalistico, denominate Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS).

Tali siti sono finalizzati a garantire il mantenimento in uno stato di conservazione soddisfacente di habitat e specie della flora e della fauna da proteggere evitando fenomeni di degrado.

Nell'ambito del presente Piano di Bacino è stato riscontrato il seguente Sito di Importanza Comunitaria (SIC):

#### IT1315671 "Fondali di Porto Maurizio- San Lorenzo a mare –

#### Torre dei marmi (subsito C)

##### Caratteristiche generali

Il sito è caratterizzato dalla prateria di *Poseidonia oceanica* insediata prevalentemente su "matte" e confinante verso terra con una prateria di *Cymodocea nodosa*.

##### Habitat di maggior interesse

Il limite superiore della prateria a Poseidonia si trova circa a –8 metri di profondità, mentre quello inferiore giunge a –30. Le formazioni rocciose presenti in vicinanza del limite inferiore del SIC contengono popolamenti del Coralligeno tra cui spiccano gorgonie rosse, spugne, aragoste. Numerose specie vegetali e animali vivono all'interno della prateria di Posidonia, tra cui *Hippocampus hippocampus*, *Hippocampus ranulosus*, *Symphodus cinereus*, *Symphodus rostratus*, *Symphodus tinca*, *Xyrichtys novacula*.

Vulnerabilità – indirizzi per la gestione e la valorizzazione

La costa antistante il SIC è notevolmente antropizzata, comprendente barriere, pennelli, opere portuali, riempimenti e massicciate, che devono aver influito sulla qualità e l'ambiente marino. I principali rischi sono la pesca a strascico e le discariche.

La delimitazione dei SIC presenti nel territorio del Piano di Bacino è stata riportata nella Carta della Vegetazione e nella Carta degli Interventi.

In base alla D.G.R. n.643 del 21.6.2002 Modifiche al D.G.R.646 del 8.6.2001.” Misure di salvaguardia per i proposti Siti di Importanza Comunitaria (pSIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS) liguri (Dir.92/43/Cee e 79/409/Cee) : applicazione della valutazione di incidenza”, la Giunta Regionale ha deliberato che per i Piani di Bacino approvati la valutazione di incidenza venga eseguita in fase di progettazione per gli interventi proposti ricadenti in aree SIC e ZPS .

## CAPITOLO 4 – RISCHIO IDROGEOLOGICO

### Premessa

Il rischio è dovuto all'interazione di una somma di elementi diversi ed è conseguenza di fenomeni associati all'assetto geologico, idrogeologico-idraulico e situazioni legate all'aspetto vegetazionale.

L'individuazione delle aree a rischio idrogeologico suddiviso in rischio idraulico e rischio di frana è esplicitamente richiesta dall'Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art.1, commi 1 e 2 del decreto legge 11 giugno 1998, n.180/98",

Inoltre per la redazione di tale carta si è fatto riferimento alle direttive emanate da Comitato Tecnico Regionale: "Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico – carte derivate (CTR29.11.1996); "Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale" (CI 30.4.1999) ; "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale" (CTR 24.3.1999); " Indicazioni metodologiche per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti".

Il rischio totale R è in funzione della pericolosità (P), e del valore dell'elemento a rischio (E) e può essere descritto dall'equazione del rischio:

$$R = P \times E$$

### 4.1 Gli elementi a rischio

1. Considerando che gli elementi a rischio sono rappresentati dalla popolazione e dalle strutture antropiche in conseguenza di un fenomeno franoso od alluvionale, sono state accorpate le aree a simile incidenza urbanistico territoriale, operando un raggruppamento di classi della carta dell'uso del suolo.

Gli accorpamenti sono stati operati come indicato in tabella:

ELEMENTI A RISCHIO	
CLASSI USO DEL SUOLO	TIPOLOGIA
2.3-2.5-3.4(E0)	Aree disabitate e/o improduttive
1.4 –2 ad esclusione di 2.1.2.2(E1)	Edifici isolati, infrastrutture viarie minori, zone agricole e/o verde pubblico
2.1.2.2.-1.1.2- (E2)	Nuclei urbani, insediamenti industriali, artigianali e commerciali minori infrastrutture viarie minori
1.2– 1.1.1- 1.3.1 1.3.2 – 5.2 (E3)	Centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, beni architettonici, storici ed artistici, principali infrastrutture viarie, servizi di rilevante interesse sociale

E' emersa la presenza lungo la fascia costiera dei principali poli di urbanizzazione, con sviluppo, specie negli ultimi decenni, di una fascia nell'immediato entroterra a destinazione prevalentemente residenziale; per quel che riguarda le vallate interne sono evidenziati nuclei urbani di notevole valore artistico - storico con opere di recupero e limitatissimi interventi di ampliamento.

#### 4.2 La carta del rischio

Il rischio è distinto in cinque classi, ovvero

CLASSI DI RISCHIO	
R0	Rischio molto basso
R1	Rischio basso
R2	Rischio medio
R3	Rischio elevato
R4	Rischio molto elevato

La classe di rischio di una certa area si ottiene come combinazione del valore degli elementi a rischio con le classi di pericolosità secondo i seguenti schemi:

ELEMENTI A RISCHIO	PERICOLOSITA'				
	Pg0	Pg1	Pg2	Pg3	Pg4
<b>E1</b>	R0	R0	R0	R1	R1
<b>E2</b>	R0	R1	R1	R2	R3
<b>E3</b>	R0	R1	R2	R3	R4
<b>E4</b>	R0	R1	R2	R4	R4

ELEMENTI A RISCHIO	AREE INONDABILI			
	P1	P2	P3	P4
<b>E1</b>	R0	R0	R1	R1
<b>E2</b>	R1	R1	R2	R3
<b>E3</b>	R2	R2	R3	R4
<b>E4</b>	R2	R2	R4	R4

Gli elementi che concorrono a produrre le situazioni di rischio piu' evidenti e significativi con la sovrapposizione della pericolosità con l'uso del suolo sono :

1) Perdita di suolo: i fenomeni erosivi sono causa della degradazione dei suoli e della relativa perdita di fertilità.

2) Scarpate rocciose in corrispondenza della rete viaria che in concomitanza di piogge intense, scaricano materiale rappresentando un pericolo per l'incolumità pubblica. tagli stradali in litologie instabili, soprattutto in caso di sbancamenti di rilevante altezza, possono causare fenomeni franosi

3) Degrado della vegetazione: il verificarsi di periodici incendi nell'ambito della parte alta del bacino aggrava le condizioni generali del territorio. Questo elemento è infatti correlato a diverse problematiche quali l'instabilità dei versanti, i tempi di corrivazione ecc.

4) Degrado dei terrazzamenti: l'abbandono delle campagne è accompagnato da un progressivo degrado dei terrazzamenti che rappresentano un valido esempio di ingegneria naturalistica.

5) Morfologia del territorio: la morfologia del territorio (in particolare l'acclività) rappresenta una condizione di rischio.

6) Frane attive: sono state censite diverse frane attive. Il rischio è associato al verificarsi del fenomeno franoso e all'area che è potenzialmente interessata. Questo fattore di rischio interagisce con altri fattori quali la degradazione dei suoli, della vegetazione e del trasporto solido negli alvei e la relativa ostruzione.

7) Frane quiescenti e paleofrane.

8) Rete urbana: In corrispondenza dell'evento di piena del 30.09.1998 si è verificato un allagamento diffuso delle vie cittadine a causa dell'incapacità della rete di drenaggio urbana a smaltire le acque di dilavamento superficiale. Gli allagamenti dovuti a carenze delle rete bianca sono spesso responsabili dei principali disagi per la popolazione.

Alcune situazioni di area a rischio di limitata estensione non cartografabile nelle scala di piano sono ascrivibili a:

- 1 - Instabilità delle sponde - nel caso di arginature artificiali la mancanza di una manutenzione attenta e periodica può determinare un rischio di crollo all'interno dell'alveo. Un eventuale cedimento delle arginature o delle strutture dei tombini comporta un aumento di materiale in alveo che può essere causa di ostruzione della sezione e aumento di trasporto solido o la parziale o totale occlusione del corso d'acqua.
- 2 - Velocità della corrente: le velocità della corrente in situazione di piena sono generalmente elevate a causa delle notevoli pendenze dei rii. Ciò rappresenta un fattore di rischio poiché aumenta la capacità erosiva della corrente, quindi aumento del materiale trasportato e aumento della possibilità di scalzamento delle pile e delle platee in alveo.
- 3 - Manufatti in alveo: la presenza in alveo di pile, passerelle, ponti, strade, rifiuti di ogni genere rappresenta una condizione di rischio poiché interferisce con il deflusso della corrente idrica.
- 4 - Scarichi in alveo: l'evidente scarico in alveo di prodotti di scarto nella lavorazione olearia ha comportato un degrado delle acque e del fondo del torrente, ricoperto infatti da una patina violacea.
- 5 - Stato di manutenzione dei rii: si è constatato il generale degrado degli alvei. Nei letti dei corsi d'acqua sono presenti ingenti quantità di materiali trasportati dalle piene. Spesso l'alveo è totalmente ingombro dalla vegetazione.

- 6 - Strade che tagliano corpi di frana quiescente o paleofrane : molte delle strade di collegamento tra i diversi centri sono sprovviste di adeguati sistemi per la regimazione delle acque. Inoltre la fitta rete viaria minore, sterrata e/o asfaltata, in corrispondenza di intensi fenomeni meteorici si trasformano in vie preferenziali di scorrimento delle acque che, accompagnate da un cospicuo trasporto di materiale solido, confluiscono nei rii minori mettendoli in crisi e instaurano processi di erosione concentrata.

#### **4.3 Verifica dello stato di manutenzione delle sistemazioni idrauliche, idraulico forestale ed idraulico agrarie e mappatura delle situazioni di degrado in atto.**

Le strutture idrauliche di difesa dalle esondazioni presentano alcune anomalie derivanti dallo stato di usura in cui versano.

E' il caso per esempio del muro d'argine in sponda sinistra del t. Caramagna posto a protezione della strada di fondovalle che presenta diversi punti di erosione della scarpa di fondazione.

Oppure nel caso del tratto tombinato del rio Baitè sono presenti numerosi scalzamenti e cedimenti della struttura tali da compromettere la stabilità del manufatto.

Nel caso del t. Prino nel suo tratto terminale bisogna sottolineare il fatto che a fronte di numerose strutture antropiche esistenti a lato delle sponde non sussistono adeguate opere di difesa fluviali; ossia , nel tempo, sono state costruite opere quali strade, caseggiati, capannoni, senza dotarle al contempo di adeguate arginature.

Le principali situazioni di degrado sono pertanto rappresentate da una mancata manutenzione statica delle strutture che , associata ad una pressochè totale mancanza di pulizia fluviale determina una notevole possibilità di cedimenti arginali ed occlusioni del corso d'acqua anche per portate di limitata entità.

#### **4.4 I fattori artificiali di degrado ambientale ed antropici**

I fattori artificiali ed antropici di degrado ambientale sono presenti in misura cospicua nell'ambito in esame.

Tra le maggiori cause di degrado sono da annoverare la discarica di Ponticelli sita nel territorio comunale di Imperia ed una cava di inerti sita a Nord Ovest dell'abitato di Poggi Superiore; tali attività anche se correttamente gestite rappresentano comunque delle ferite ambientale con notevole impatto visivo.

Un altro fattore degno di nota è rappresentato dall'abbandono di vaste aree un tempo adibite alla coltivazione dell'ulivo: la produzione olearia infatti ha visto il suo massimo sviluppo intorno agli anni '40 per poi diminuire drasticamente soppiantata dall'utilizzo dell'olio di semi. Questo ha portato ad una progressiva migrazione dai centri dell'entroterra, spesso dettata anche dai periodi siccitosi precedentemente citati, ed all'abbandono delle campagne. La mancanza di manutenzione degli uliveti ha determinato il crollo delle opere murarie che, con la tipica organizzazione secondo terrazzamenti che ha coperto la quasi totalità della

superficie, garantiva una regimazione ed un corretto smaltimento delle acque superficiali, e, di conseguenza un notevole aumento del trasporto della frazione di suolo durante gli eventi temporaleschi. Tuttavia la rivalutazione delle proprietà dell'olio extravergine di oliva nell'ultimo decennio ha portato al fiorire di piccoli produttori locali essenziali per la ripresa del mercato e per il possibile ripristino delle campagne.

Purtroppo la situazione di degrado è talora aggravata dal ripetersi di incendi boschivi con grave danno per la vegetazione arborea ed arbustiva, specialmente insistenti nella fascia altimetrica superiore, ove esistono piccoli pascoli di bestiame.

I problemi per quanto riguarda i boschi si acutizzano lungo i piedi delle paleofrane e sui versanti ad elevata acclività, ove l'abbandono porta ad una proliferazione di piante ad alto fusto, i cui apparati radicali spesso sono impostati in suoli facilmente asportabili. Proprio il distaccarsi di grosse piante in occasione degli eventi alluvionali è alla base delle maggiori problematiche relative all'ambito esaminato, a causa della formazione di veri e propri sbarramenti che, con il carico idrico, cedono, causando vere e proprie ondate di piena, e bloccando spesso arcate di opere in alveo.

L'intensa urbanizzazione, sviluppata soprattutto lungo la fascia sud del territorio ha alterato profondamente l'equilibrio idrologico con conseguente aumento delle situazioni a rischio di esondazione: gli interventi edificatori realizzati nei pressi degli alvei, infatti, risultano spesso all'interno delle fasce di rispetto torrentizie, riducendo le sezioni utili di deflusso. La cementificazione di orti, riconosciuti da tutti come aree di esondazione e sfogo per le piene, con la costruzione di arginature, talora sommarie, ha portato elevate problematiche presso la foce dei torrenti, poste in criticità in caso di precipitazioni anche non estremamente intense.

Nelle aree a copertura urbana compatta o con presenza continua di serre si verifica un notevole incremento di suolo impermeabile con conseguente riduzione dei tempi di corrivazione.

I tagli antropici per la realizzazione di strade ed opere quali sistemazioni del terreno, parcheggi ecc., rappresentano situazioni al limite della stabilità che possono facilmente dare luogo a piccole mobilitazioni di masse detritiche.

In ultimo si citano tutte le strade secondarie sviluppate in particolar modo nell'entroterra che, a causa di una non adeguata canalizzazione e regimazione delle acque superficiali innescano fenomeni di erosione incanalata con tendenza ad evolversi in veri e propri fossi di burronamento.

Piccole piste aperte per lavori temporanei e vere e proprie strade realizzate a servizio di edifici residenziali, non coperte spesso dal manto bituminoso e tantomeno regimate con canalette e pozzetti, evolvono rapidamente in solchi nel suolo con trasporto solido elevatissimo verso rii minori, che vengono immediatamente messi in crisi; analoga situazione si presenta talora per alcuni riporti antropici derivanti dai lavori di scavo per la costruzione dell'Autostrada dei Fiori (Genova - Ventimiglia).

#### **4.5 Possibili disfunzioni di sistemi di monitoraggio e di sorveglianza ambientale**

Allo stato attuale l'ambito esaminato dispone di un unico sistema di acquisizione dei dati meteorologici, sito a Porto Maurizio. Le stazioni di Tavole e Dolcedo sono state dismesse da alcuni anni. Per quanto riguarda i dati relativi alla portata delle aste fluviali non esistono stazioni di misura.

La qualità delle acque viene costantemente controllata per quanto riguarda il torrente Prino, esistendo alcuni pozzi ad uso idropotabile sfruttati dall'Azienda Municipalizzata Acque e Trasporti, sia dall'Unità Sanitaria Locale che dal laboratorio di analisi dell'azione stessa. L'U.S.L. realizza inoltre controlli periodici sulle sorgenti sfruttate ad uso idropotabile dai diversi comuni presenti nell'ambito. Si tratta in genere di piccole emergenze idriche poste a quote altimetriche elevate con limitatissimi problemi di inquinamento, dal momento che all'interno dei loro bacini di alimentazione non esistono strutture antropiche.

Maggiore attenzione viene posta, invece, al Rio di Ponticelli, essendo presente a monte la discarica di R.S.U. Il perimetro della discarica è delimitato da un canale scolmatore che ha la funzione di intercettare le acque esterne e convogliarle nel sottostante rio, mentre la circolazione interna viene immessa in una vasca di raccolta percolato da cui viene prelevata da autocisterne e portata in centri di smaltimento. Le acque esterne, tramite pozzi esistenti intorno al perimetro vengono analizzate periodicamente sia dalla Società che gestisce l'impianto che dagli organi preposti al controllo.